

# El efecto de la infraestructura en el desempeño de seis economías de América Latina:

Una evaluación con modelos de Equilibrio General Computado

Juan Pablo Brichetti  
Eduardo Cavallo  
Omar O. Chisari  
Leonardo Mastronardi  
Tomás Serebrisky  
Juan Pablo Vila Martínez

Departamento de Investigación  
y Economista Jefe

NOTA TÉCNICA N°  
IDB-TN-1855

# El efecto de la infraestructura en el desempeño de seis economías de América Latina:

## Una evaluación con modelos de Equilibrio General Computado

Juan Pablo Brichetti\*

Eduardo Cavallo\*

Omar O. Chisari\*\*

Leonardo Mastronardi\*\*\*

Tomás Serebrisky\*

Juan Pablo Vila Martínez\*\*\*\*

\* Banco Interamericano de Desarrollo

\*\* IIEP-CONICET y UADE

\*\*\* UNLP-UADE-CEARE (UBA)

\*\*\*\* UADE y CEARE (UBA)

Abril 2020

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

El efecto de la infraestructura en el desempeño de seis economías de América Latina:  
una evaluación con modelos de Equilibrio General Computado / Juan Pablo Brichetti,  
Eduardo Cavallo, Omar O. Chisari, Leonardo Mastronardi, Tomás Serebrisky, Juan  
Pablo Vila Martínez.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1855)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Infrastructure (Economics)-Latin America-Evaluation. 2. Public utilities-Latin  
America-Evaluation. 3. Computable general equilibrium models-Latin America. I.  
Brichetti, Juan Pablo. II. Cavallo, Eduardo A. III. Chisari, Omar O. IV. Mastronardi,  
Leonardo. V. Serebrisky, Tomás. VI. Vila Martínez, Juan Pablo. VII. Banco  
Interamericano de Desarrollo. Departamento de Investigación y Economista Jefe. VIII.  
Serie.  
IDB-TN-1855

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

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

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

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



## **Resumen<sup>1</sup>**

En este trabajo se presentan los resultados de modelos de Equilibrio General Computado aplicados al análisis del impacto de la infraestructura en varios países de América Latina y el Caribe: Argentina, Bolivia, Chile, Costa Rica, Jamaica y Perú. Se examinan los efectos de ganancias en eficiencia, productividad y calidad de sus servicios, el impacto del aumento simultáneo de los precios de los servicios de infraestructura y las consecuencias que tiene para el crecimiento de los países y el nivel de bienestar de sus habitantes de detener la inversión en infraestructura. También se estudian programas especiales de desarrollo de infraestructura, como la aplicación de tecnologías limpias (con recursos renovables) y de digitalización, cuyos resultados dependen críticamente de las características estructurales de los países. El estudio se detiene especialmente en las propiedades y las características del método de EGC empleado.

**Códigos JEL:** D57, D58, E01, E22

**Palabras clave:** Servicios de infraestructura, Modelo de equilibrio general computable, Eficiencia y productividad de los servicios de infraestructura

---

<sup>1</sup> Este trabajo presenta los resultados de modelo de equilibrio general computado desarrollado a inicios de 2018 que sirvió de base para el análisis de infraestructura del BID. Los autores desean agradecer la colaboración de María Priscila Ramos y Juan Mercatante. Las opiniones, errores y omisiones son estricta responsabilidad de los autores.

## 1. Evaluación cuantitativa del valor de la infraestructura

La atención de las sociedades se pone habitualmente más en los flujos de bienes de que dispone que en los stocks o dotaciones con los que se producen. Esto se debe al menos parcialmente a que cuantificar esos flujos, como el PBI, el consumo de bienes y servicios o la inversión, resulta más fácilmente medible que cuantificar la dotación de capital o el estado de la infraestructura.

Sin embargo, tarde o temprano el estado del capital, en particular de la infraestructura, se hacen manifiestos en la cantidad de bienes y servicios disponibles, en su precio y en su calidad. Es entonces importante establecer de antemano cuáles serán los beneficios para la economía de disponer de servicios de infraestructura más baratos, de mejor calidad y saber cuáles serían las consecuencias de no hacer inversiones en el sector. Servicios de infraestructura producidos de manera eficiente y de alta productividad bajan el precio que ven los consumidores y liberan recursos para otros usos. Servicios de infraestructura de buena calidad mejoran la eficiencia del resto de la economía, en una suerte de externalidad, que debe ser favorecida por las autoridades y reguladores. Reducciones en las inversiones en infraestructura, generan una escasez que tarde o temprano se manifestará en mayores costos, pérdidas de competitividad, menor bienestar (de pobres en especial) y caídas de la tasa de crecimiento; falta de cubrimiento de las amortizaciones de la infraestructura afecta su disponibilidad y calidad, aunque es una gran tentación durante la parte mala del ciclo económico, con pocos costos visibles de corto plazo.

Tener una evaluación cuantitativa ex ante de esos costos es un componente crucial para estimar a su vez la *disposición a pagar* de la sociedad por mejorar los servicios de la infraestructura y por reducir su escasez, y por lo tanto es de suma utilidad para los hacedores de política. Esa evaluación se hace aquí utilizando un modelo de representación de las relaciones económicas, el método del equilibrio general computado (EGC), que pone su énfasis en la consistencia del análisis y de los datos observados, y en las características estructurales de 6 países de América Latina y el Caribe, en un marco de funcionamiento de los mercados. El objetivo final del presente trabajo es por lo tanto brindar una primera aproximación empírica de los costos y beneficios de incrementar (o disminuir) el stock de capital en infraestructura, medir el impacto de shocks sobre la productividad, eficiencia y calidad con la que se brindan los servicios de infraestructura y establecer la importancia de una adecuada regulación que alinee los incentivos para que dichos beneficios se pongan de manifiesto.

En la próxima sección se discuten las características del método y sus usos habituales. En la sección 3 se presentan las matrices de contabilidad social, que constituyen la base de datos de los modelos analíticos de EGC (en el apéndice M se muestran las matrices correspondientes a los seis países tratados aquí). En las secciones 4 y 5 se analiza su estructura y su cierre en el marco de una economía simplificada para este estudio. La sección 6 trata del diseño de las simulaciones básicas que incluyen mejoras de eficiencia, calidad y productividad en infraestructura, así como los efectos de falta de inversiones en el sector y aumentos de los precios de los servicios correspondientes. Los resultados se hallan en la sección 7. La sección 8 contiene resultados de simulaciones más elaboradas, con programas de digitalización, movilidad automotriz compartida, introducción de fuentes renovables de energía y de electrificación del transporte. La sección 9 concluye con una breve síntesis.

## **2. El método del Equilibrio General Computado**

Las sociedades modernas basan su funcionamiento sobre el respeto del derecho de propiedad y del intercambio voluntario. En consecuencia, utilizan a los mercados como instrumento principal para la determinación de los precios de los bienes y la asignación de los recursos a la producción de bienes y servicios.

El equilibrio en un mercado, la igualación de cantidades demandadas y ofrecidas es un concepto básico del análisis económico. El equilibrio general de la economía se refiere a la misma idea en todos los mercados simultáneamente. En esa situación los precios de los bienes y servicios se determinan de manera tal que cantidades demandadas y ofrecidas coincidan en todos y en cada uno de los mercados, y tienden a ser permanentes y estables. El equilibrio general de la economía constituye un buen punto de referencia para entender la naturaleza y los costos de los desequilibrios y darles solución. Evaluar los desequilibrios, apreciar sus diferencias con la situación ideal, hace que el diseño de la política económica sea más eficaz.

La clave para alcanzar el equilibrio es el funcionamiento del sistema de precios. Habitualmente el precio de un bien subirá si la cantidad demandada supera a la ofrecida, y bajará en caso contrario. El sistema de precios fue inventado por la humanidad hace muchos años y es un mecanismo barato de información y coordinación entre agentes diferentes y que persiguen el interés propio. No está escrito y no tiene manual, ni programación como un software (aunque existen métodos y algoritmos para tratar de representarlo). Y si bien a veces falla, asombrosamente

casi siempre trabaja con eficacia y consigue la autoorganización y el equilibrio en sociedades de individuos preocupados más por su bienestar personal que por la salud del colectivo social. Más aún, en el equilibrio los recursos se asignan de manera eficiente entre quienes más valoran su utilización. El proceso de mercado vía el ajuste de precios lleva casi siempre a una situación de equilibrio, de modo que las cantidades ofrecidas y demandadas terminan igualándose a los precios corrientes. Y esa situación es tal que los agentes económicos, las firmas y las familias digamos, no tienen interés en modificarla.

El método del equilibrio general computable parte de esta idea principal sobre la forma en que se organizan las sociedades, y hace estimaciones cuantitativas sobre los posibles efectos de los shocks y las políticas (comercial, impositiva, de infraestructura, entre otras). A partir de una situación inicial considerada de equilibrio, se construyen escenarios contrafácticos que suponen que luego de los shocks o políticas los precios se ajustan para alcanzar un nuevo equilibrio general.

La disciplina principal que establece el método es la de considerar todas las fuentes de ingreso y todas las transacciones, sin que quede nada sin explicar, más allá de la estructura económica particular. La razón es que la información básica que dan los precios se transforma en modificaciones de la remuneración de los factores, de los ingresos personales y eso, a su vez, modifica las cantidades demandadas y ofrecidas.

Esta característica no implica que se no puedan considerar desequilibrios en alguno de los mercados, tales como la existencia de desempleo o la capacidad ociosa en industrias o la existencia de reglas no mercantiles en la determinación de precios (como los mark-ups de competencia imperfecta o los precios regulados a los monopolios), para las cuales hay procedimientos adecuados de representación en el sistema económico bajo análisis y modelos de EGC que permiten considerar situaciones de “pseudo-equilibrio” por ejemplo cuando los salarios se determinan por fuerzas que no son las de los mercados de trabajo, y fijar por ejemplo entonces mínimos para los salarios nominales o reales.

Para la construcción de un modelo de EGC se requiere establecer quiénes son los agentes de la economía y caracterizarlos en términos de sus objetivos y de sus dotaciones de bienes. Se parte entonces de agentes privados o familias que maximizan su utilidad dada su restricción de presupuesto, de empresas que maximizan el beneficio, y de gobiernos que siguen algunas reglas establecidas para sus gastos y perciben ingresos básicamente de impuestos. El gasto derivado de los comportamientos agregados debe ser compatible con el valor de los recursos totales de la

economía para que el modelo sea consistente, condición que se refleja en la llamada Ley de Walras<sup>2</sup>, cuyo cumplimiento es un requisito sine qua non de todo modelo de EGC.

Los modelos de EGC son un método apropiado para simular y anticipar los posibles resultados de las políticas, especialmente útil en contexto de cambio estructural. Si bien la econometría es un auxiliar o complemento importante, las ventajas del método del EGC es que resulta menos exigente en términos de datos históricos y observaciones, permitiendo considerar modificaciones o cambios bruscos en las formas de las funciones de comportamiento de los consumidores e inversores, y de las relaciones interindustriales para los que no hay experiencia previa.

Un MEGC es una representación numérica de las condiciones de equilibrio agregado y en cada uno de los mercados de una economía en la cual intervienen productores y consumidores (debe tenerse en cuenta que la definición amplia de consumidores y productores incluye al gobierno y a los agentes que representan al sector externo) con comportamientos establecidos mediante funciones de producción y utilidad de los consumidores que dependen de los precios relativos.

Para poder desarrollar MEGC se requirió que desde la investigación en el campo de la economía matemática se evolucionara desde la demostración de “existencia” de equilibrios, es decir sólo demostrar que para determinado modelo económico se puede encontrar al menos un equilibrio, hacia la búsqueda explícita del equilibrio, o sea su determinación a través del cálculo numérico.

El conocido método de Scarf (basado sobre el lema de Sperner) da una forma de aproximación de la solución por medio de un algoritmo de triangulación. . Herbert Scarf desarrolló “algoritmos matemáticos” para encontrar el o los precios de equilibrio de una economía de mercados múltiples<sup>3</sup>, permitiendo establecer una conexión entre la Teoría de Equilibrio General (TEG) y la investigación aplicada<sup>4</sup>. Dicho avance a su vez fue la piedra fundacional para que dos discípulos del Profesor Scarf, John Whalley y John Shoven (véase Shoven y Whalley (1992))

---

<sup>2</sup> León Walras desarrolló a finales del siglo XIX las bases del modelo de equilibrio general.

<sup>3</sup> Scarf y Hansen (1973).

<sup>4</sup> Es importante mencionar que Rolf Mantel, un reconocido investigador argentino, también incursionó en este campo en el ámbito de la Universidad de Yale, y fue uno de los primeros en construir MECG, ver Mantel (1968).



fueran pioneros en la construcción de lo que luego se denominó como “modelos de equilibrio general computado (MEGC)” a partir de las pruebas analíticas de solución<sup>5</sup>.

En un principio, los MEGC representaron la estructura teórica del equilibrio general walrasiano en lenguaje computacional, utilizando como información sobre los diversos mercados a los datos de la economía real de un determinado país o grupo de países, y aprovechando algún algoritmo matemático para la búsqueda del equilibrio ante, por ejemplo, cambios pautados en la política económica.

La situación actual es bastante más variada y rica. No sólo se dispone de modelos walrasianos puros, sino también de modelo más contaminados por desequilibrios persistentes (como el desempleo de trabajo o la capacidad ociosa). El modelo que desarrollaremos tiene una estructura básica walrasiana con desempleo para asegurar su consistencia inicial, pero admite modificaciones que contemplen cierres alternativos (como por ejemplo, con cuenta corriente equilibrada obligatoria o alternativamente, con financiamiento del resto del mundo), o con reglas de precios fijos o mark-ups en algunos sectores (como los servicios públicos regulados). Además, mediante la modelización de autocompras, permite considerar la demanda de stocks por parte de los agentes económicos.

¿Dónde pueden estar las diferencias entre los diferentes modelos de EGC? Como se dijo, más allá de los datos que podrían obtenerse de un grupo común, en general los modelos pueden diferir en términos de estructura, causalidades y suposiciones sobre sus reglas de cierre. Los cambios como respuesta a las políticas y el shock dependerá de los supuestos hechos, por ejemplo de: 1) Los valores de las elasticidades de sustitución. 2) La presencia o no de recursos inactivos y como consecuencia de las reglas de determinación de sus precios (por ejemplo, la determinación de salarios en términos nominales o reales bajo desempleo o la solución walrasiana de salarios flexibles). 3) El grado de movilidad de recursos (trabajo y capital) entre industrias y entre zonas rurales y urbanas. 4) El grado de movilidad del capital hacia y desde el resto del mundo. 5) La presencia de tecnologías alternativas de producción. 6) La determinación de ahorros y la asignación de inversiones (nuevo capital) entre industrias. Los puntos 2), 3) y 4) se refieren al hecho de que puede haber diferencias fundamentales entre las evaluaciones de costos y beneficios a corto y largo plazo. La mayoría de los modelos se centran en la asignación de recursos

---

<sup>5</sup> Dichos esfuerzos no fueron los únicos en este campo; ya antes A. Harberger había construido un modelo de la economía de EE.UU.

suponiendo que las economías están en un equilibrio a largo plazo y, por lo tanto, subestiman los costos a corto plazo que enfrentan las economías y los responsables políticos.

Los MEGC son utilizados en una gran cantidad de países para la evaluación de medidas de política económica. Entre los más conocidos se pueden mencionar los MEGC de Australia, Reino Unido, y del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, aunque también hay gran cantidad de modelos contruidos para países en desarrollo. Existen incluso también aplicaciones de modelos de EGC para el análisis de comercio internacional, tal como el Global Trade Analysis Project (GTAP), desarrollado por la Universidad de Purdue, que utiliza bases de datos comunes para muchos países y una estructura analítica similar.

Actualmente los MEGC cubren una variedad de aproximaciones, incluyendo cierres del modelo<sup>6</sup> que van desde el paradigma neoclásico hasta modelos de corte estructuralista<sup>7</sup>. Hay modelos estáticos y dinámicos. Una introducción a las diversas metodologías puede encontrarse en Burfisher (2016) y una discusión de las características de los modelos CGE tradicionales se puede encontrar en Wing (2004), quien analiza el uso de métodos complementarios mixtos que se aplican en nuestro caso. Chisari, Maquieyra y Miller (2012) es un documento de referencia en la aplicación de MEGC para el caso de las economías de América Latina y el Caribe. En este último, hay una descripción completa de la estructura analítica de los modelos utilizados en este documento, así como una presentación de la Matriz de Contabilidad Social correspondiente a cada país y del código computacional.

Los modelos más recientes son los llamados modelos estocásticos dinámicos (DSGE), como el DYNARE, en los que se pone énfasis en el carácter aleatorio de los datos y de las relaciones macroeconómicas, y en los que el proceso dinámico es regido también por el proceso de optimización de un agente representativo. Si bien es valioso considerar agentes que utilizan toda la información para determinar políticas óptimas, el proceso de maximización intertemporal de un agente representativo presupone un nivel de coordinación elevado de las decisiones y de proyección de escenarios futuros (transversalidad). El modelo que se utilizará aquí es dinámico pero no de optimización por parte de una agente representativo, aunque pone mayor énfasis en la estructura microeconómica y contempla varios agentes representativos de quintiles de ingreso. Considera entonces no sólo aspectos de distribución del ingreso y del bienestar privados, sino

---

<sup>6</sup> Se denomina “cierre del modelo” al problema macroeconómico de reconciliar ahorro e inversión.

<sup>7</sup> Para una discusión de cierres alternativos, ver Robinson (1989).

también la provisión de bienes públicos y diversidad de escenarios con distintos grados de movilidad de factores.

En cuanto a los temas que cubren, los MEGC son utilizados para analizar una gran variedad de políticas. Entre las más comunes se encuentran la fiscal, la comercial y las del campo de la economía de la energía y el medio ambiente. De los temas analizados se puede hacer una clasificación entre el uso “tradicional” y “no-tradicional” que se hace de los MEGC. Considerando aplicaciones para la Argentina, entre los tradicionales se encuentran estudios de incidencia que permiten evaluar el impacto de reformas impositivas, análisis de “shocks exógenos” como la variación en los precios internacionales y trabajos sobre el impacto de los efectos de las reformas económicas sobre la pobreza y distribución del ingreso.

El análisis de las reformas impositivas ha sido una de las aplicaciones principales además de los problemas de comercio internacional (véase por ejemplo Shoven y Whalley (1992) y Chisari, Estache y Nicodeme (2016) para el caso de la aplicación de impuesto al valor agregado en Bélgica). También los MEGC han sido utilizados para simular impactos de shocks exógenos, tales como cambios adversos en los términos del intercambio y reducción forzada de crédito externo, y modificaciones en la estructura económica y social, como, por ejemplo, cambio tecnológico, redistribución de activos y formación de capital humano.

Dentro de las aplicaciones “no tradicionales” de los MEGC más notables se encuentra el modelo DICE desarrollado por Nordhaus para determinar el costo social del carbono. Dicho modelo es en realidad un modelo de equilibrio general computado escrito en lenguaje GAMS y de optimización dinámica. Más recientemente, en el caso de las emisiones de gases efecto invernadero se ha estudiado con modelos de equilibrio general computado si los costos por distorsiones pueden eliminarse o compensarse explorando la posibilidad de existencia del llamado “doble dividendo”. Según esa hipótesis, la recaudación por emisiones podría usarse para sustituir otras recaudaciones debidas a impuestos altamente distorsivos (por ejemplo, los impuestos al trabajo). Una reseña de los resultados obtenidos de doble dividendo se puede ver la evidencia de González Freire (2018) y para el caso latinoamericano hay evidencia de existencia de doble dividendo en Chisari y Miller (2014).

En lo que respecta a usos de MEGC vinculados específicamente a los sectores de infraestructura, Estache, Perrault y Savard (2012) presentan un modelo de CGE calibrado para discutir el impacto de distintas formas de financiar las inversiones de infraestructura. Chisari,

Estache y Romero (1999) hacen una de las primeras aplicaciones al caso de la definición de la regulación de empresas de infraestructura privatizadas<sup>8</sup>.

Con respecto al tipo de usuario de los MEGC, es importante mencionar que no sólo son útiles para el diseñador de políticas públicas, sino también para los analistas y tomadores de decisión del sector privado que, por ejemplo, quieren conocer los efectos directos e indirectos de determinada política sobre un sector en particular.

Los MEGC son especialmente adecuados en economías de menor grado de desarrollo, en las que están presentes algunos hechos estilizados como los siguientes (véase Chisari y Ramos (2018)):

- ***Presencia de desempleo crónico.*** En los países más desarrollados el nivel de desempleo y su impacto en el bienestar es menor por varias razones. Una de dichas razones es que estas economías son más ricas, los trabajadores tienen más activos y pueden permanecer más tiempo fuera del mercado de trabajo sin una pérdida de nivel de vida significativa. Por el contrario, en los países menos desarrollados hay una disponibilidad limitada de tecnologías intensivas en trabajo y la oferta de capital complementario del trabajo es reducida.

- ***Fuerzas no mercantiles en la determinación de los salarios y precios.*** Los episodios de apertura incompleta y temporaria de las economías, la escasez de capital y los shocks macroeconómicos atentan contra el funcionamiento de los mercados competitivos. Además la debilidad política incentiva las actividades de cabildeo y las posiciones de fuerza en procesos de negociación y de puja por la distribución del ingreso. Una consecuencia adicional es la reducción de la productividad de las economías.

- ***Alta y asimétrica movilidad del capital.*** Países expuestos a recurrentes crisis macroeconómicas aumentan el riesgo país y estimulan la opción de esperar para invertir, demorando la entrada y estimulando la salida rápida del capital.

- ***Alta informalidad y niveles significativos de evasión.*** Los estados poseen menor poder de monitoreo y de gestión y tratan de cubrir el déficit de recaudación con alícuotas impositivas altas que estimulan la evasión por sí mismas. La evasión es usada también por los agentes privados para protegerse de la confiscación, recurso de última instancia esperable en las crisis fiscales. Y la informalidad surge de la combinación de la escasez de crédito, y de los costos legales de la

---

<sup>8</sup> Véase también Chisari, Estache y Romero (2007) para una discusión metodológica.

formalización y de pagar todos los impuestos con tasas nominales exageradamente elevadas. La informalidad, a su vez, reduce la productividad de la economía.

· ***Restricciones financieras sobre el sector público que limitan su capacidad de financiamiento.*** En el contexto macroeconómico volátil y frente a las dificultades de recaudación genuina, el gobierno enfrenta restricciones de financiamiento o primas de riesgo elevadísimas para colocar deuda. Además el horizonte de los préstamos es extremadamente corto para que los acreedores puedan recuperar su inversión lo más rápido posible. Las restricciones financieras empujan a aumentar los impuestos, bajando la competitividad de la economía y estimulando la evasión y la informalidad.

· ***Consecuentemente, baja capacidad de generación de infraestructura y su mantenimiento.*** La consecuencia natural de esas restricciones fiscales es el sesgo de la estructura del gasto público hacia lo urgente, como el pago de salarios. La inversión pública es postergada y reducida, perjudicando el crecimiento<sup>9</sup>.

· ***Concentración de exportaciones en unos pocos productos.*** En general los países menos desarrollados carecen de acceso a capital financiero, mercados y capital humano como para diversificar sus exportaciones. Pese a los intentos de fomentar las exportaciones industriales, muchos países en desarrollo muestran una concentración de sus exportaciones en producciones vinculadas a los recursos naturales. Esto hace que su financiamiento externo sufra los vaivenes de los precios de los “commodities”.

· ***Ausencias de capacidades técnicas que permitan reemplazar tecnologías.*** Bienes de capital básicamente importados que se deben financiar con exportaciones. La generación de nuevas técnicas es altamente dependiente de las capacidades humanas y de la disponibilidad de capital, ambos reducidos en los países de menor desarrollo. Una fuente de crecimiento es la importación de bienes de capital, que trae mejoras tecnológicas incorporadas con algunos efectos de derrame. Pero está limitada por las restricciones de divisas.

· ***Migración de trabajo de zonas rurales a urbanas, con el consecuente cambio de hábitos.*** Varios países tienen que absorber migrantes de las zonas rurales propias (como es el caso de Brasil)

---

<sup>9</sup> Por ejemplo, BID (2018) muestra evidencia para la región de LAC que durante los períodos de ajuste de las cuentas fiscales los gastos de capital se contraen más que el gasto público promedio, comprometiendo la financiación y el mantenimiento de infraestructura. Asimismo, la evidencia muestra que dichas contracciones en el gasto de capital no son compensadas durante la fase expansiva, resultando en una contracción permanente de los gastos en inversión pública.

o de zonas rurales de países limítrofes (como la Argentina). Si bien esos flujos migratorios contribuyen con mano de obra, ponen presión sobre los servicios públicos y la infraestructura urbana. Además favorecen el consumo de bienes más intensivos en energía (tales como el transporte).

· ***Distribución no equitativa del ingreso (y del bienestar)***. La postergación de las obras y de la infraestructura pública reduce el bienestar de las generaciones futuras, y es un método de financiamiento de las generaciones presentes cuyo uso se repite una y otra vez. La baja productividad, el desempleo y las migraciones presionan sobre el salario real bajando el nivel de vida de los trabajadores.

### **3. La Matriz de Contabilidad Social**

El modelo tiene entonces dos componentes: una descripción analítica que tome estas consideraciones en cuenta en cuanto a su forma analítica, y una base de datos que refleje el estado de la economía en un determinado año. La base de datos compatible con el modelo de EGC se organiza en una Matriz de Contabilidad Social para reflejar las transacciones en los mercados (en las filas) y los presupuestos de los agentes (en las columnas).

Como señalamos, para construir un Modelo de Equilibrio General Computado (MEGC) es necesario contar con un volumen de información importante y estructurado de modo tal de mantener la consistencia entre la información contenida. Desde este punto de vista una Matriz de Contabilidad Social (MCS o SAM por sus siglas en inglés, *Social Accounting Matrix*) cumple con esta condición de consistencia, representando el flujo circular de la economía en un cuadro de doble entrada con ingresos de cada sector y agente en filas y los gastos de éstos en columnas. La consistencia se observa en el cumplimiento de la restricción presupuestaria básica para cada sector/agente (ingresos igual a gastos), al mismo tiempo que los ingresos de uno de ellos se corresponden con los egresos de otro<sup>10</sup>.

En lo que se refiere a la construcción de una MCS, ésta consta de dos objetivos principales.

El primero de ellos, se refiere a la organización de información acerca de la economía y de la estructura social de un país o una región durante un periodo en particular. Con respecto a esto, la MCS se parece mucho a las cuentas nacionales. De hecho, abarca información que normalmente

---

<sup>10</sup> Véase Pyatt y Round (1985).

incluye el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN). Además, la MCS requiere que la matriz insumo-producto que refleja el sistema de encadenamientos interindustriales de una economía. La compra de un insumo intermedio por un sector representa la venta del insumo por otro sector, generalizando esta interrelación sectorial para todas las transacciones de una economía. Otra información relevante tiene que ver con los presupuestos de ingresos y gastos de los hogares, del gobierno y del sector externo, además de la de las firmas representadas a nivel sectorial en la matriz de insumo-producto mencionada anteriormente. Como ya se mencionó al inicio dichas restricciones presupuestarias deben cumplirse a nivel individual y en el agregado.

El segundo objetivo de la MCS, es que provee las bases estadísticas para la creación de un modelo que permita simular distintas intervenciones o shocks. Es decir, una vez que la información de un país en particular en un año en particular ha sido organizada en la forma de una MCS, ésta representa una imagen estática que revela mucho acerca de la estructura económica del país en estudio. Con el objetivo de analizar cómo trabaja la economía y de predecir los efectos de intervenciones en ella, es necesario contar, no sólo con la información estática proporcionada por la MCS, sino también con el modelo económico que puede ser construido a partir de ella. Es así que, la MCS contribuye a la construcción de un MEGC en dos aspectos: por un lado, organiza la información sobre la economía de un país y por el otro, provee la base estadística para la creación de un modelo que deba respetar la ley de Walras<sup>11</sup>. Con una misma MCS básica pueden construirse MEGC de características diferentes, variando por ejemplo los cierres del modelo, alguna estructura de mercado o alguna de las reglas de comportamiento institucional.

La MCS está constituida generalmente por 5 tipos de cuentas: de producción, de bienes, de factores, de instituciones (hogares, gobierno) y del sector externo, que explícita o implícitamente deben estar representadas. La desagregación dentro de cada una de estas cuentas es materia de elección según lo requiere el estudio en cuestión, aunque es sabido que no es neutral a los resultados y está condicionada por la información disponible.

A modo esquemático, la Tabla 1 presenta una MCS en formato cuadrado: las cuentas filas son iguales a las cuentas columnas. En las filas se leen los ingresos de los sectores mientras que en las columnas se leen los gastos de estos sectores, denotando la manera en que se relacionan los distintos sectores de la economía. El total de la suma de cada fila debe ser igual al total de la suma de cada columna; económicamente hablando, los gastos del sector deben ser iguales a sus ingresos.

---

<sup>11</sup> La ley de Walras determina que el valor de los excesos de demanda deben sumar cero.

Las diferentes cuentas de la MCS delimitan los límites del modelo global. La especificación de un modelo “completo” requiere que las relaciones de mercado, de comportamiento y de sistema de cada una de las cuentas de la MCS estén descritas en el modelo:

- Las cuentas de Actividad, Bienes y Factores requieren la especificación de mercado (oferta, demanda y condiciones de equilibrio).
- Las cuentas de los Hogares y del Gobierno requieren reglas de comportamiento y restricciones presupuestarias.
- Las cuentas de Inversión y Resto del Mundo dan los requerimientos macroeconómicos para el balance interno (ahorro igual a inversión) y externo (exportaciones más entradas de capitales deben igualar las importaciones).

**Tabla 1. Estructura básica de una MCS**

		Gasto							Total
		Actividades	Bienes	Factores	Familias	Gobierno	Inversión	Resto del mundo	
Ingreso	Actividades		Oferta doméstica						Ingreso actividades
	Bienes	Demanda intermedia			Gasto de los consumidores	Gasto corriente	Demanda de inversión	Exportaciones	Demanda total
	Factores	Valor agregado							Ingreso factorial
	Familias			Pago factorial a Familias		Transferencias		Transferencias externas	Ingreso Familias
	Gobierno		Impuesto a las ventas y tarifas de importación		Impuestos Directos			Ayuda y préstamos externos	Ingreso Gobierno
	Ahorro				Ahorro privado	Superávit Fiscal		Balanza de cuenta corriente	Ahorro total
	Resto del mundo		Importaciones						Egreso de divisas
Total		VBP	Oferta total	Gasto factorial	Gasto Familias	Gasto público	Gasto de inversión	Ingreso de divisas	

*Fuente:* Elaboración propia.

En cuanto al trabajo de consistencia de la información, este puede ser arduo. Inclusive se puede disponer de información pasada y no del período de análisis. Los métodos de RAS y de la Entropía cruzada<sup>12</sup> son usualmente utilizados para conseguir que los datos de transacciones ausentes o no actualizadas sean estimados de manera que haya un desvío mínimo con respecto al

<sup>12</sup> Para ello también es preciso utilizar métodos para reconciliar los datos. Los más difundidos son los métodos “RAS” y “Stone-Byron”, y el de la Entropía cruzada. Ver, Bacharach (1970) y Stone (1978).



dato real y sean consistentes con los datos verdaderamente disponibles, en particular los de las Cuentas Nacionales.

Las fuentes de información principales son entonces los datos de las Cuentas Nacionales, las Encuestas de Gasto de los Hogares, la Matriz de Insumo-Producto, los informes disponibles sobre niveles de actividad y distribución personal y factorial del ingreso, los presupuestos públicos y de las agencia recaudatorias, y los datos de bancos centrales en cuanto a deuda y estado financiero de la economía, entre otros.

En el Apéndice 1 se presentan versiones resumidas de las Matrices de Contabilidad de las seis economías discutidas.

#### **4. Características generales del modelo computado para estudiar infraestructura**

El modelo es muy flexible y permite la realización de ejercicios de sensibilidad de manera rápida y relativamente sencilla con respecto a elasticidades de consumo y producción, así como a distintos grados de movilidad de factores. La elaboración de cada modelo de país comprende: 1) la construcción de una matriz de contabilidad social, que represente los flujos de intercambios en la economía y los sectores y agentes a tener en cuenta, 2) la elaboración de un modelo analítico que represente el funcionamiento de la economía en términos de equilibrio general con una perspectiva básica de carácter walrasiano, 3) la adecuación del modelo para tener en cuenta la evolución dinámica de la economía, teniendo en cuenta entonces el crecimiento del capital y del trabajo, 4) la lectura ordenada de los resultados según los indicadores macroeconómicos, sectoriales y de distribución del ingreso habitualmente usados.

El funcionamiento del modelo básicamente se vincula a dejar funcionar los precios relativos y permitir la movilidad de recursos, de modo de apreciar los “efectos de sustitución”, es decir el impacto de los cambios de estructura endógenos que no pueden observarse en un modelo de crecimiento de un solo sector. En general, sin embargo, los resultados que se observan responden a tres efectos: el ya dicho efecto sustitución por la operación de los precios relativos, 2) el “efecto de escala”, ya que los cambios de precios modifican los ingresos y la escala de operación de las industrias, 3) el “efecto tecnológico”, debido a la modificación de las tecnologías por ejemplo por ganancias de eficiencia o de calidad.

La estrategia para cada país es considerar modelos de ECG de sectores relevantes de infraestructura, cinco agentes representativos domésticos según quintiles de ingreso, el sector público y el resto del mundo.

El modelo usado y el programa en que se presenta (GAMS/MPSGE) son flexibles como para admitir variantes y modificaciones relativamente rápidas para estudiar sensibilidades a parámetros (como elasticidades, grado de movilidad de factores) y a cierres macroeconómicos (e.g. con o sin desempleo, con o sin equilibrio de balanza comercial). Las versiones básicas para cada país fueron cerradas suponiendo que el balance comercial debe equilibrarse, pero admitiendo desempleo (lo que requiere una especificación de cómo se ajustará el salario bajo desequilibrio).

Existen una variedad de métodos que han ido agregándose a los tradicionales de optimización: el método de complementariedades (Lemke (1980)), el de homotopía y los métodos globales de Newton, seguidos luego por los algoritmos de desigualdades variacionales (véase Nagurney (1999)).

Un caso interesante –y más reciente que el algoritmo de Scarf– de complementariedad para el cómputo del equilibrio general es el del MPSGE (Mathematical Programming System for General Equilibrium), que está basado sobre un trabajo de Mathiesen (1985). Mathiesen demostró que un EGC puede ser representado como un MCP (Mixed Complementary Problem): un problema en el que el equilibrio competitivo puede ser representado usando un óptimo de bienestar, con ponderadores para el bienestar de los agentes, tales que ellos respeten sus restricciones presupuestarias (es decir, se da una prueba de existencia de dichos ponderadores) – véase por ejemplo Ginsburgh y Keyzer (1997) para una discusión. Luego, Tom Rutherford, de la Universidad de Colorado, desarrolló en 1987 el MPSGE25 a partir de esa estructura. Las desigualdades a satisfacer incluyen condiciones de beneficio cero, de equilibrio de mercado y de presupuesto. Las variables no negativas asociadas son las cantidades, los precios y los niveles de ingreso. El MPSGE está adaptado actualmente para funcionar en un entorno de GAMS, como un subsistema que usa un algoritmo específico. El método de Mathiesen consiste en una secuencia de aproximaciones lineales (a partir de una expansión de Taylor) en un punto inicial, aplicar el algoritmo 13 25 Véase Rutherford (1987) para una reseña de las capacidades del MPSGE a partir del

Si bien se toma en cuenta el crecimiento, el modelo es dinámico recursivo, y no de optimización (se presenta un modelo de optimización en otro documento). El crecimiento es el

resultado de los ahorros de los agentes que toman decisiones siguiendo su ingreso y los niveles presentes de la remuneración de los factores, no los futuros. Una característica del modelo que vale la pena resaltar es que el capital nuevo para cada período (el que entra a la economía como resultados del proceso de inversión del año anterior) es considerado plenamente móvil entre sectores y por lo tanto su asignación es endógena hasta igualar su producto marginal en todos los sectores. Entonces, el crecimiento relativo de las industrias no es puesto desde afuera del modelo, y responde a los incentivos dados por los precios relativos.

El lado de la demanda, los agentes privados, se modeló a través de cinco hogares representativos, un gobierno y un sector externo. Los hogares compran o venden bonos, toman decisiones de ahorro y consumen dado el ingreso que poseen determinado por la remuneración por los factores que poseen (y las transferencias del gobierno que reciben).

El gobierno está representado como un agente que participa en los mercados de inversiones, consume y realiza transferencias a los hogares y tiene una función de utilidad Cobb-Douglas; su principal fuente de ingresos es la recaudación de impuestos (aunque también realiza transacciones financieras a través de la cuenta de bonos). Una propiedad de la función Cobb-Douglas es la de dejar constante la proporción de cada tipo de gastos en el total, lo que es una forma neutral de modelar el comportamiento del gobierno. Por lo tanto, se supone que cada dólar de ingresos se gasta en diferentes factores y bienes en la misma proporción que en el año base. En realidad, la función de utilidad del gobierno captura la producción de bienes públicos y de bienes privados producidos por el gobierno. La estructura impositiva es detallada y tiene en cuenta todos los impuestos relevantes, tomando para su representación las alícuotas efectivas (no las legales o nominales) como niveles ad-valorem sobre la base imponible.

Para los agentes privados, los cambios de bienestar se calculan utilizando la Variación Equivalente, y la misma medida se utiliza para el sector público. Esto da una estimación de los cambios en el bienestar de la sociedad, en términos del numerario, como resultado de modificaciones en la disponibilidad de bienes y servicios privados y los proporcionados por el sector público (por ejemplo, educación, salud y defensa). El bienestar de los agentes privados depende entonces de los precios de los bienes que compra, así como de la remuneración de los factores que posee.

Para la simulación básica, se supuso que las economías eran pequeñas con respecto a los mercados internacionales. El resto del mundo compra exportaciones nacionales y vende

importaciones, además de realizar transacciones de bonos y recaudar dividendos de las inversiones. Para tomar una perspectiva de largo plazo, todas las matrices de contabilidad social se modificaron para asumir que las economías estaban en equilibrio en sus balanzas comerciales (es decir, el valor de las exportaciones igualado al valor de las importaciones, excepto los pagos de dividendos a los accionistas en el extranjero). Esto significa que no sería posible que las economías financiaran a través de la emisión de bonos o de deudas externas que requieren el reembolso de intereses o capital. Sin embargo, se asumió que los dividendos se pagan en el extranjero sobre el capital propiedad del resto del mundo y utilizado en la producción.

Con respecto al lado de la oferta, la función de producción en cada sector es una función de Leontief entre insumos de valor agregado e intermedios: una unidad de producción requiere  $x$  por ciento de un agregado de factores productivos (mano de obra, capital no móvil, capital móvil y tierra) y  $(1 - x)$  por ciento de insumos intermedias. La función de insumos intermedias es una función de Leontief de todos los bienes, que son un complemento estricto en la producción. En cambio, el valor agregado es una función Cobb-Douglas de factores productivos en la simulación base. La suma del ahorro privado, el ahorro público y el ahorro externo da el total para financiar inversiones.

Los modelos CGE tienen todas las propiedades básicas de la perspectiva walrasiana, y se resuelven numéricamente utilizando, como ya se señaló, el programa GAMS / MPSGE. Los precios para cada período se calculan para vaciar todos los mercados simultáneamente, con la excepción del mercado de trabajo. Los modelos luego permiten que los precios relativos tengan un papel en el ajuste y el crecimiento de las economías; en lugar de tener solo un bien compuesto y analizar el desempeño macroeconómico, el modelo estima los cambios en los precios relativos que influyen en el camino del crecimiento a través de la reasignación de recursos que conducen a modificaciones de la estructura de la economía y la distribución del ingreso.

Los modelos de país consideran la presencia crónica de desempleo. Ello requiere incluir una ecuación de determinación de salarios distinta de la determinada por la igualación de la oferta y la demanda de trabajo. La solución base considera que los salarios reales son inflexibles a la baja y que entonces los salarios nominales se ajustan siguiendo el índice de precios al consumidor (o el aumento del salario en el mercado walrasiano, el que sea mayor). En las simulaciones que implican horizontes de varios años, el salario real mínimo se ajusta según la tasa de crecimiento de la economía (se supone que la mitad de la tasa de crecimiento de la economía se traslada a los

salarios) para representar condiciones más cercanas a las esperadas, dado que se ha observado que el desempleo persiste en el largo plazo.

Aunque se tiene en cuenta el crecimiento, el modelo pertenece al conjunto de modelos dinámicos recursivos, y no a los de crecimiento óptimo con un agente representativo. El crecimiento es el resultado del ahorro de los agentes que toman decisiones de acuerdo con las tasas actuales de rendimiento del capital y no necesariamente tienen en cuenta los rendimientos futuros.

El ahorro de un momento  $T$  se suman a la dotación de capital poseída por cada quintil de ingreso en el momento  $T+1$ , luego de deducir las amortizaciones. El capital nuevo es perfectamente móvil y se asigna endógenamente en la solución del modelo hasta igualar su remuneración intersectorial. No se fija fuera de la solución del modelo.

Los datos básicos para los modelos se organizan en matrices de contabilidad social (MCS o SAM en inglés) de cada país. Como es habitual en el análisis de equilibrio general aplicado, el modelo se basa en transacciones económicas en un año de referencia particular. Las cantidades y los precios de referencia, junto con las elasticidades determinadas exógenamente, se utilizan para calibrar las formas funcionales.

La construcción del conjunto de datos, principalmente las SAM, y los problemas que se abordan, o las políticas que se consideran aquí, son ejemplos de lo que se puede hacer con los modelos CGE y cómo pueden ayudar a orientar la política, pero no necesariamente las recomendaciones de política; en su lugar, pretenden ser ilustraciones. Los resultados de las simulaciones permiten conocer los impactos sobre el PIB, la actividad industrial, las emisiones y el bienestar, un ejercicio enriquecido por la variedad de países estudiados aquí. Además, el modelo y el programa utilizado (GAMS / MPSGE) son lo suficientemente flexibles como para ser utilizados en casos específicos. Una discusión más detallada de la construcción de los SAM del país se puede encontrar en Chisari, Maquieyra y Miller (2012).

## **5. Una versión simplificada del modelo**

En esta sección presentamos una versión sencilla del modelo. Nos servirá para evaluar su estructura y para entender los ejercicios de simulación que se desarrollarán luego.

Aunque el modelo en general consiste en cinco grupos de ingreso, supongamos por ahora que sólo hay un agente en la economía, además del gobierno y el resto del mundo. Los impactos

sobre la distribución del ingreso dependerán de las dotaciones de capital y trabajo de cada quintil, y los efectos de los cambios en la oferta de infraestructura

Las ecuaciones (1) y (2) representan la igualación de las tasas marginales de sustitución entre bienes de infraestructura y bienes transables y no transables respectivamente:

$$(1) U_T/U_I = P_T/P_I,$$

$$(2) U_{NT}/U_I = P_{NT}/P_I.$$

$U$  es la función de utilidad de los consumidores y  $P_i$  los precios de bienes transables  $T$ , no transables  $NT$  e infraestructura  $I$ . En el modelo general los consumidores también demandan bienes importados directamente.

La restricción presupuestaria está dada por:

$$(3) P_T C_T + P_{NT} C_{NT} + P_I I = W (L_0 - U_n) + R K_0 + B_T + B_{NT} + B_I.$$

En esta expresión  $C_i$  es el consumo del bien tipo  $i$ ,  $W$  es el salario,  $R$  la remuneración del capital móvil entre industrias, y las  $B$  indican los beneficios de las industrias que producen los bienes correspondientes (serán cero en el modelo general que tiene capital específico por sector y funciones de producción homogéneas de grado uno). Las dotaciones de capital y trabajo son respectivamente  $K_0$  y  $L_0$ , en tanto que  $U_n$  es la tasa de desempleo (en los casos en que hay rigideces salariales).

Por supuesto, las categorías de bienes representan grupos de mercancías compuestas en esta versión sencilla, aunque el modelo contiene muchas mercancías en cada una de esas categorías.

Los beneficios de las empresas y las correspondientes condiciones de maximización se pueden poner como sigue:

$$(4) B_T = ((1 - t_1) P_T - a_1 P_I - \alpha_1) F(L_T, K_T) - W L_T - R K_T,$$

$$(5) ((1 - t_1) P_T - a_1 P_I - \alpha_1) F_L(L_T, K_T) - W = 0,$$

$$(6) ((1 - t_1) P_T - a_1 P_I - \alpha_1) F_K(L_T, K_T) - R = 0,$$

$$(7) B_{NT} = ((1 - t_2) P_{NT} - a_2 P_I - \alpha_2) H(L_{NT}, K_{NT}) - W L_{NT} - R K_{NT},$$

$$(8) ((1 - t_2) P_{NT} - a_2 P_I - \alpha_2) H_L(L_{NT}, K_{NT}) - W = 0,$$

$$(9) ((1 - t_2) P_{NT} - a_2 P_I - \alpha_2) H_K(L_{NT}, K_{NT}) - R = 0,$$

$$(10) B_I = ((1 - t_i) P_I - b_1 P_T - b_2 P_{NT} - \beta) \eta G(L_I, K_I) - W L_I - R I_C,$$

$$(11) ((1 - t_i) P_I - b_1 P_T - b_2 P_{NT} - \beta) \eta G_L(L_I, K_I) - W = 0,$$

$$(12) ((1 - t_i) P_I - b_1 P_T - b_2 P_{NT} - \beta) \eta G_K(L_I, K_I) - R = 0.$$

Las funciones  $F$ ,  $H$  y  $G$  son las funciones de producción de bienes Transable, No Transables e Infraestructura. Dependen de las cantidades empleadas de trabajo y capital,  $L$  y  $K$ .

Como se señaló en este caso se ha supuesto que hay un único bien de capital, móvil entre sectores. El modelo computado considera dos tipos de capital, incluyendo capital específico por sector.

Pero los sectores también utilizan bienes intermedios en una relación tipo Leontief. Dichos coeficientes han sido simplificados aquí suponiendo que los sectores de transables y no transables sólo usan como bienes intermedios a la infraestructura ( $a_i$ ) y los bienes importados ( $\alpha_i$ ). Los bienes importados tienen precio unitario porque corresponden al numerario de este modelo. El sector de infraestructura usa tanto bienes intermedios transables como no transables ( $b_i$ ) e importaciones ( $\beta$ ).

Nótese que se han representado los impuestos como impuestos cargados sobre las ventas de las empresas, dados por las alícuotas  $t_i$ . El modelo computable incluye una descripción exhaustiva de todos los impuestos de la economía. Estos impuestos constituyen la fuente de recaudación que en este caso viene dada por:

$$(13) \quad W L_g = t_1 P_T F + t_2 P_{NT} H + t_1 P_I G.$$

Como se puede apreciar, en este caso sencillo el gobierno gasta todo su ingreso en contratar trabajo  $L_g$ . En el modelo usado en las simulaciones el gobierno compra trabajo, pero también bienes, paga deuda, realiza transferencias de seguridad social a los hogares, y hace gastos de inversión. Y tiene fuentes adicionales de ingresos como las derivadas de la propiedad de capital.

Las siguientes ecuaciones representan los mercados de bienes y factores:

$$(14) \quad C_T + X + b_1 \eta G(L_I, K_I) = F(L_T, K_T),$$

$$(15) \quad C_{NT} + b_2 \eta G(L_I, K_I) = H(L_C, K_C),$$

$$(16) \quad I + a_1 F(L_T, K_T) + a_2 H(L_{NT}, K_{NT}) = \eta G(L_I, K_I),$$

$$(17) \quad L_T + L_{NT} + L_I + L_g + U_n = L_0,$$

$$(18) \quad K_T + K_{NT} + K_I = K_0.$$

$X$  representa las exportaciones, de manera de balancear sus cuentas externas. El modelo completo considera pago al resto del mundo por deuda y dividendos. En esta versión las dotaciones de la economía de trabajo y de capital se suponen dadas en la versión estática. El modelo general considera inversión y crecimiento de la población. Además incluye una industria que produce los bienes de inversión, sobre la base principalmente de construcción y de bienes de capital importados.

Como se aprecia en la ecuación (16) es posible que haya desempleo en esta economía. Se trata de capturar así un problema crónico de las economías. Entonces es necesario definir una regla de determinación de salarios. Una versión sencilla de esa regla puede expresarse como:

$$(19) \quad W = \gamma_1 P_T + \gamma_2 P_T + \gamma_3 P_I,$$

donde las  $\gamma_i$  dan la participación de cada tipo de bien en el ajuste de salarios. En general, se supone en la solución básica que esos coeficientes son los correspondiente en el índice de precios al consumidor, y que la expresión se interpreta como determinando un valor mínimo para el salario real, el que puede subir si las condiciones de oferta y demanda de trabajo así lo determinan (es decir, debería leerse como desigualdad).

Finalmente, el precio de los transables queda determinado por su nivel en el resto del mundo:

$$(20) \quad P_C = P^*.$$

Este modelo simplificado contiene 20 ecuaciones y 20 incógnitas:

$$\begin{aligned} &P_T, P_{NT}, P_I, R, W, \\ &L_T, L_{NT}, L_I, L_g, K_T, \\ &K_{NT}, K_I, C_T, C_{NT}, I, \\ &BT, BNT, BI, X, Un. \end{aligned}$$

En realidad, de estas variables las principales son las primeras cinco, es decir los precios de la economía. Cabe notar que el precio de los bienes del resto del mundo,  $P^*$ , operan como numerario. Por lo tanto, el índice de precios del modelo está calculado en términos de bienes del resto del mundo. El programa MPSGE utiliza la representación del equilibrio walrasiano en términos de desigualdades de complementariedad mixta (el ya mencionado trabajo de Mathysen (1985)). A partir de la representación analítica y de la Matriz de Contabilidad Social, el modelo se calibra. Es decir, se determinan en una primera solución algunos parámetros de modo de replicar las observaciones de un año. Luego el modelo es validado, replicando aproximadamente las observaciones de otro año (utilizando como variables endógenas, entre otras, el grado de movilidad del capital entre industrias y con el resto del mundo).

El método en el modelo dinámico consiste en suponer que las decisiones de inversión las toman los consumidores en el período  $t$ , sobre la base del ahorro, pero que el capital se incorpora a la producción en el período siguiente. Dicho capital tiene la característica de ser móvil entre sectores. Este rasgo es original del modelo, y hace que el capital se asigne endógenamente según la tasa de ganancia. Otras estrategias de modelización recurren a funciones de transformación cuyos parámetros se estiman econométricamente, o directamente hacen una asignación ad hoc. En



nuestro caso, el capital se asigna respondiendo al modelo económico en sí, sin necesidad de superponer otros mecanismos para representar la movilidad.

Las mediciones de bienestar se hacen calculando el valor monetario de los cambios de utilidad privada  $U$  con la Variación Equivalente, dado que el consumidor se supone que posee una función homotética de utilidad. En cuanto al gobierno, también se le atribuye una función de utilidad siguiendo el método de Shoven y Whalley (1992) que representa la producción de bienes por parte del gobierno.

## **6. Estrategia de diseño de las simulaciones**

Una vez construida la Matriz de Contabilidad Social, el modelo se calibra y valida, y se calcula luego el sendero dinámico base para comparar con los escenarios contrafácticos. Puesto de esta manera sencilla nuestro modelo, podemos discutir el diseño de los ejercicios de simulación a partir de esa estructura básica.

- **Aumento de la eficiencia en infraestructura**

Se supone que los parámetros  $b_i$  y  $\beta$  se reducen en el interior de las industrias de infraestructura, es decir, se necesitan menos unidades de bienes transables, no transables e importaciones para producir una unidad de servicio de infraestructura. Las empresas tienen incentivos claros para reducir los costos al interior de su proceso de producción, pero producen también una ganancia social ya que reducen los precios de sus productos para el resto de la economía (es un tipo de externalidad pecuniaria). Se puede ver que esto reduce la necesidad de importaciones (lo que alivia al sector externo) y el uso intermedio de bienes nacionales (que quedan disponibles para otras actividades o para los consumidores). Las consecuencias naturales serán una reducción de  $X$  (aunque hay una ganancia en competitividad, la reducción de precios fomenta el consumo interno), ya que los costos de producción son más bajos en infraestructura. Los salarios nominales (en moneda extranjera, recordemos que nuestro numerario es el precio de los bienes importados) pueden entonces reducirse (véase la ecuación (19)) y, a su vez, esto ayuda a reducir la tasa de desempleo. El resultado fiscal depende de los cambios en los ingresos debido a la reducción de los precios frente a la reducción de los costos (principalmente los salarios aquí). En la Matriz de Contabilidad Social este ejercicio se aprecia como una reducción de los coeficientes de la columna de insumos utilizados en infraestructura.

- **Ganancias de productividad en empresas de infraestructura**

Esto equivale a un aumento del coeficiente  $\eta$ , es decir que se necesita menos valor agregado por unidad de producto disponible. En este caso, las empresas tienen también un incentivo a conseguirlas, como ocurriría por ejemplo en un régimen regulatorio de tipo Price-cap. Dado que en los períodos iniciales hay desempleo, la ganancia para la economía es equivalente a un aumento en la disponibilidad de capital móvil. Esto implica una reducción de costos del capital. Hay disminuciones de costos de todos los demandantes de infraestructura y una caída de los precios de la economía en términos del resto del mundo, y se tiene a disposición más capital móvil listo para ser utilizado en nuevos proyectos. Aunque hay una ganancia en competitividad, la economía aún podría preferir aumentar el consumo en lugar de invertir y exportar; el efecto depende de los parámetros estructurales.

- **Ganancias de calidad de los servicios de infraestructura**

En la Matriz de Contabilidad Social, una ganancia de calidad se representa como una disminución de los coeficientes de insumo-producto en la fila de Infraestructura, en nuestro caso los  $a_i$ . Es decir, es una reducción en la cantidad de servicio de infraestructura necesaria para producir una unidad de otros bienes y servicios. Incluyen reducciones del coeficiente de insumos  $a_i$  para las empresas (y en el modelos general, también para los consumidores, quienes ven un aumento en sus ingresos disponibles, ya que se deben adquirir menos unidades de infraestructura para obtener los mismos servicios). Las empresas demandantes de infraestructura ven una reducción de costos ya que pueden producir la misma cantidad de bienes con una menor demanda de insumos de infraestructura. Existe una tendencia a la caída del IPE y del salario  $W$ , a pesar de que existe una demanda estimada debido a la reducción de los precios y al mayor ingreso disponible. El efecto neto depende de los parámetros estructurales. Dado que no hay ningún esfuerzo involucrado, es similar a una externalidad positiva derivada de las industrias de infraestructura para el resto de la economía; la dificultad es que los oferentes de infraestructura no tienen un incentivo claro a producir dicha externalidad, dado que no internalizan la ganancia; sin embargo, podría ser el resultado de un buen mecanismo regulatorio que examinara los parámetros de calidad del servicio.

- **Aumento del mark-up en empresas de infraestructura**

Aunque las empresas estén en un régimen regulatorio, es posible que los precios de sus servicios aumenten como incentivo a las mejoras de eficiencia o, más especialmente, de calidad. Es interesante entonces evaluar cuál es el impacto neto sobre la economía, y en especial sobre el bienestar de los consumidores (véase Chisari, Estache y Romero (1999)). Algunos de los ejercicios incluyen aumentos de precios en la forma de mark-up sobre los costos. Esto puede representarse en el modelo sencillo que hemos visto como un impuesto  $m$  sobre  $P_i$  pagado por consumidores y empresas que usan infraestructura, y que no es recaudado por el gobierno sino por los agentes privados dueños de la infraestructura (y distribuido entre ellos según la propiedad del capital, incluyendo al resto del mundo). En el modelo general la función de producción  $H$  es homogénea de grado uno, ello implica que los beneficios extraordinarios son cero y entonces de la ecuación (10):

$$(1 - t_i) P_i \eta G(L_i, K_i) = ((b_1 P_T - b_2 P_{NT} - \beta) \eta G(L_i, K_i) - W L_i - R I_c) (1+m).$$

El cálculo del impuesto requiere primero su transformación en un impuesto ad valorem a cargar sobre el valor bruto de la producción de las industrias contaminantes, ya que la prueba de existencia de equilibrio con impuestos sólo está asegurada en ese caso (ver Shoven y Whalley (1973) y Ginsburgh y Keyzer (1997)). El aumento de mark-up reduce el bienestar de corto plazo de los demandantes de servicios de infraestructura y en general es regresivo. También perjudica el desempeño de la economías porque aumenta el IPE y en consecuencia los salarios, de modo que es esperable un incremento de  $U_n$ . Y si hay transferencias por dividendo al resto del mundo, exige un esfuerzo exportador mayor. Sin embargo, su efecto de largo plazo es menos claro, ya que los consumidores de altos ingresos tienen una propensión mayor a invertir, lo que mejora el desempeño de la economía.

- **Falta de inversiones en infraestructura**

Estamos interesados en evaluar el impacto sobre la actividad económica y el bienestar de una limitación en las inversiones de infraestructura. Los gastos en infraestructura son esenciales para las economías, pero muchas veces poco visibles para los consumidores. La pregunta entonces es cuánto sufre el nivel de actividad y el bienestar si no se hacen las inversiones necesarias. Aunque

el caso más interesante requiere utilizar la versión dinámica del modelo, en el modelo sencillo que se acaba de ver este escenario se puede representar como una restricción en el capital utilizado en infraestructura, en la industria H más allá de los niveles iniciales, lo que implica que la oferta de infraestructura se reducirá o limitará (la curva de oferta se hará más inelástica) y los precios de la infraestructura serán más altos. A pesar de que habrá más capital disponible para el resto de la economía, se puede esperar un aumento de los costos y de los salarios, una reducción de la competitividad y del PBI, y en el modelo dinámico, una caída de la tasa de crecimiento de la economía.

- **Proyectos especiales**

El desarrollo de nuevos proyectos (digamos digitalización o nuevas tecnologías de energías renovables en energía) requiere que los sectores de la producción tengan que hacer gastos adicionales. Esos gastos son en general mayores en bienes de capital. Si no se hace un esfuerzo de ahorro adicional, los nuevos proyectos reducirán el capital móvil total disponible para el resto de la economía, aumentarán su precio y los costos totales en la economía. Las ganancias potenciales deben provenir de la reducción de los costos de producción que se trasladan luego al resto de la economía a través del sistema de precios. El efecto neto se determinará dentro del modelo simulado dependiendo de los datos estructurales y de la definición de los ejercicios programados. Se han considerado varios de dichos escenarios que se detallan en la sección correspondiente a las simulaciones.

## **7. Resultados de las simulaciones básicas**

Los modelos de país se desglosaron para capturar el funcionamiento de los precios relativos, centrándose en los principales sectores de infraestructura.

La estrategia consistió entonces en considerar modelos CGE con aproximadamente 30 sectores de producción y cinco hogares representativos para cada una de las economías de ALC consideradas aquí: Argentina, Bolivia, Chile, Costa Rica y Perú. Esas economías tienen características estructurales diferentes y enfrentan problemas diferentes y se encuentran en una etapa diferente de desarrollo. La infraestructura tiene un papel en su desempeño, a veces en el bienestar y la salud, y en otros casos en el desempeño de las exportaciones y el crecimiento.

El objetivo de esta sección es presentar una discusión de los indicadores seleccionados correspondientes a los resultados de las simulaciones. Se puede encontrar una presentación más detallada de los resultados en los archivos de Excel para cada país.

La Tabla 2 presenta una síntesis de indicadores de participación de infraestructura en el PBI, el gasto en bienes intermedios de los sectores primario, secundario y terciario, y la Tabla 3 da la participación de la infraestructura en el gasto total de los consumidores. Sirven de ayuda para entender cuáles son los resultados de las simulaciones.

**Tabla 2. Comparación de gastos de infraestructura  
(Consumos intermedios y final hogares)**

País	Infraestructura	Consumo intermedio		
		Agro y Minería	Industria	Servicios (sin infraestructura)
Argentina	Electricidad, Gas y Agua	0,70%	0,70%	0,48%
	Transporte	4,89%	2,23%	1,16%
	Comunicación	0,29%	0,75%	1,77%
Perú	Electricidad, Gas y Agua	1,58%	2,08%	1,06%
	Transporte	2,93%	2,54%	3,39%
	Comunicación	0,11%	0,23%	2,11%
Bolivia	Electricidad, Gas y Agua	1,80%	0,95%	1,38%
	Transporte	5,02%	0,17%	1,01%
	Comunicación	0,18%	0,04%	0,99%
Chile	Electricidad, Gas y Agua	3,88%	2,35%	0,82%
	Transporte	2,97%	4,56%	2,48%
	Comunicación	0,43%	0,92%	1,54%
Costa Rica	Electricidad, Gas y Agua	0,62%	4,40%	0,68%
	Transporte	2,00%	3,81%	1,21%
	Comunicación	1,66%	5,54%	2,58%

Jamaica	Electricidad, Gas y Agua	0,83%	1,85%	2,49%
	Transporte	2,76%	2,69%	3,20%
	Comunicación	0,13%	0,44%	1,57%

**Tabla 3. Participación de infraestructura en gastos de los quintiles (%)**

País	Sector Infraestructura	H1	H2	H3	H4	H5
Argentina	Electricidad, gas y agua	0.8%	0.9%	0.9%	1.0%	1.2%
	Transporte	5.1%	6.3%	6.9%	7.0%	6.7%
	Comunicación	3.6%	4.4%	4.8%	4.9%	4.7%
Bolivia	Electricidad, gas y agua	3.8%	3.8%	3.8%	3.4%	2.7%
	Transporte	19.6%	21.6%	21.9%	21.3%	17.8%
	Comunicación	0.5%	0.9%	1.2%	1.6%	2.4%
Chile	Electricidad, gas y agua	5.7%	4.7%	4.0%	3.1%	2.4%
	Transporte	12.0%	12.3%	10.5%	7.9%	3.8%
	Comunicación	5.2%	5.6%	6.0%	6.2%	5.2%
Costa Rica	Electricidad, gas y agua	7.2%	5.8%	4.7%	3.5%	2.4%
	Transporte	11.6%	12.4%	12.4%	9.5%	9.2%
	Comunicación	7.7%	10.4%	11.4%	12.0%	10.0%
Jamaica	Electricidad, gas y agua	5.3%	5.0%	4.8%	4.9%	4.4%
	Transporte	3.3%	3.6%	3.7%	4.0%	5.7%
	Comunicación	2.0%	2.8%	2.7%	2.8%	2.5%
Perú	Electricidad, gas y agua	4.1%	3.9%	3.2%	2.0%	1.1%
	Transporte	6.9%	6.6%	6.5%	6.4%	6.1%
	Comunicación	2.6%	3.1%	3.7%	3.8%	3.4%

Las simulaciones realizadas consideraron tres casos básicos. A continuación, hacemos una descripción de los resultados principales.

### **7.1 EC: Ganancias conjuntas en la provisión de servicios**

Se trata de ganancias de 5% simultáneas en eficiencia, calidad y productividad. Esas ganancias se simulan para un horizonte de diez años (aunque es posible extender el período de análisis). Como se indicó, una ganancia en eficiencia es una reducción de los gastos en insumos intermedios (una ganancia tecnológica) y una ganancia en productividad es una reducción del valor agregado, tanto

por unidad de producción como ambas son ganancias internas para las empresas que proporcionan infraestructura. Funciona como una externalidad pecuniaria para el resto de la economía ya que los precios de los servicios de infraestructura se reducen. En cambio, las ganancias de calidad corresponden a reducciones de unidades de infraestructura necesaria para producir una unidad de producción en el resto de las industrias de la economía y para obtener una unidad de servicios para los consumidores. Funciona como una externalidad no pecuniaria o ganancia tecnológica del resto de la economía.

En la Tabla 4 se muestran los resultados en términos de los desvíos con respecto a la trayectoria base, para el año 1 y el año 10. Consideramos tres tipos de ganancias de Efectos Conjuntos en los sectores de infraestructura (es decir, producción y distribución de energía, agua y saneamiento, transporte y telecomunicaciones) simultáneamente. La primera es la mejora de la eficiencia en el ahorro de costos dentro de los sectores de infraestructura que reducen los requisitos de insumos intermedios de esos sectores por unidad de producto. Un ejemplo del sector energético es una planta de generación térmica de electricidad que producto de un mejor aprovechamiento de los equipos logra reducir su consumo de combustible. El segundo tipo son las ganancias de productividad dentro de los sectores de infraestructura que reducen los requisitos de factores productivos de esos sectores por unidad de producción. Un ejemplo es una planta de generación térmica que mediante una reorganización de su *layout* consigue reducir la planta de trabajadores necesarios para producir una determinada cantidad de energía eléctrica. El tercero es en forma de efectos indirectos positivos de la infraestructura al resto de los sectores: dado el aumento de la calidad del servicio en los sectores de infraestructura, otros sectores económicos requieren menos insumos intermedios de los sectores de infraestructura para producir una unidad de producción. Las ganancias se pueden interpretar de dos maneras: por ejemplo, i) el sector manufacturero recibe electricidad de mejor calidad (es decir, menos interrupciones / apagones) y, por lo tanto, puede producir la misma cantidad de producción utilizando menos cantidad de insumos, o en menos hora; o ii) el sector manufacturero implementa mejoras en el proceso de producción, por ejemplo mediante la adopción de equipos eficientes en energía, y como resultado demanda menos electricidad. Hay diferentes maneras de lograr estas ganancias de eficiencia, incluidas las mejoras tecnológicas, la mejora de los procesos de producción y los cambios de comportamiento.

Los aumentos relativamente pequeños (5 por ciento) de Efectos Conjuntos en los sectores de infraestructura pueden generar importantes beneficios de crecimiento. En promedio, los países

seleccionados podrían experimentar un aumento de 3.6 puntos porcentuales en las tasas de crecimiento en un horizonte de 10 años. Estos beneficios pueden ser tan altos como 4 y 5 puntos porcentuales de crecimiento incremental en Costa Rica y Bolivia.

Los impactos positivos estimados de una mayor eficiencia en la infraestructura serían mayores en los sectores manufactureros en todos los países, excepto en Bolivia, donde predomina el sector minero. Además, mejorar la eficiencia en la infraestructura sería progresivo porque se estima que beneficiará más a los hogares de bajos ingresos que a los hogares de altos ingresos. Por lo tanto, aumentar la eficiencia en la infraestructura probablemente aumentaría la producción agregada y reduciría la desigualdad de ingresos.

### ***7.2 EC+Mark-UP: Ganancias conjuntas compensadas con aumento de precios de infraestructura***

Este caso es similar al anterior con la diferencia de que se agrega un Mark-Up de 15% sobre los costos de infraestructura que se distribuye entre los propietarios del capital de las empresas correspondientes. Se intenta considerar el caso de mejoras que no necesariamente implican una caída de los precios que ven los consumidores. Inclusive da una estimación del efecto que una pobre calidad de la regulación puede tener sobre los resultados de las mejoras y su impacto sobre la distribución del ingreso. Como se aprecia en este escenario contrafáctico hay una caída del PBI con respecto al caso de EC en casi todos los casos. Llama la atención Bolivia, porque mejora en el último año; ello se debe a que como las ganancias adicionales se pagan a los quintiles más ricos y ellos tienen una propensión a invertir mayor, la tasa de crecimiento aumenta. La distribución del bienestar también en regresiva. Concomitantemente, hay un aumento de las exportaciones en el PBI dado que parte de los beneficios deben ser girados al exterior por la participación del resto del mundo en la propiedad del capital doméstico.

### ***7.3 DI: Falta de inversiones adicionales***

Se supone que el stock de capital en servicios de infraestructura se mantiene constante durante los diez años del período considerado, suponiendo que sólo se cubren las depreciaciones, pero que no se agrega capital nuevo ni otros factores que utiliza la infraestructura. Considera entonces una limitación de oferta que se manifiesta en aumentos de su precio en los mercados.

Los sectores de infraestructura tomados en cuenta en este análisis son básicamente electricidad, gas, agua, transporte y telecomunicaciones con diferentes niveles de desagregación



según la disponibilidad de datos de cada país. En la Tabla 4 se pueden ver los resultados expresados por algunos indicadores seleccionados; se muestran en ellas las diferencias de cada simulación con respecto a una trayectoria base de crecimiento para cada economía. La estrategia en todos los casos fue construir una línea de base para el crecimiento de la economía (negocios como siempre) y luego asumir que las economías tienen las ganancias mencionadas que son permanentes. El ejercicio por lo tanto da la dinámica comparativa.

Entre otros, se muestran allí las ganancias de bienestar (en Variación Equivalente de tres quintiles, siendo H1 el más pobre y H5 el más rico) y las ganancias de bienestar del sector gobierno, que expresa la mejora en la provisión de bienes producidos por el sector público (como educación, salud, seguridad, justicia y defensa), que no están sumadas en el bienestar privado. También se ve la variación de nivel de actividad de los sectores primario, secundario y terciario.

Se aprecian entonces las ganancias que se obtienen de las mejoras de Efectos Conjuntos (EC) derivados de ganancias de 5% en calidad, productividad y eficiencia. Se nota entonces que esas ganancias favorecen en casi todos los casos más a los quintiles de menor ingreso (H1), debido a que el gasto en infraestructura es una porción significativa del ingreso para esos grupos. Las ganancias se derivan de la participación de la infraestructura en los gastos de las familias, así como de las reducciones de costos en la economía y eso explica las diferencias sectoriales. Por otra parte, dado que se supone que el salario real es inflexible a la baja, las mejoras que se reflejan en reducciones de precios favorecen la expansión del empleo, lo que estimula el crecimiento y mejora la distribución del ingreso. Esto se confirma en todas las economías. La presencia del Mark-Up reduce las ganancias sin eliminarlas totalmente.

Existen argumentos para pensar que estos ejercicios de desinversión en los servicios de infraestructura representan estimaciones mínimas de los efectos negativos de dicha política. En primer lugar, esta interrupción de las inversiones solamente afecta a los sectores de servicios de infraestructura y permite que otros sectores de la economía continúen invirtiendo en capital vinculado a la prestación de dichos servicios. A modo de ejemplo, este ejercicio presupone que se dejan de construir nuevas rutas y puertos, pero permite que una minera construya para sí misma una nueva vía férrea para auto-proveerse servicios. Esta inversión en servicios de infraestructura in-house en este contexto se mantiene inalterada y por lo tanto relaja los efectos de la restricción modelada. Si bien este efecto es de segundo orden de magnitud[1], estimaciones producidas por Coremberg (2018) indican que la producción de servicios de infraestructura in-house representan

5% del PBI en promedio en las economías de México, Brasil y Argentina, siendo particularmente relevante al considerar los servicios de transporte.

En segundo lugar, los modelos de equilibrio general contemplan un ajuste de los precios relativos eficiente. En un contexto en el cual la desinversión en activos de infraestructura se erige como una restricción relevante para la provisión de los servicios, la respuesta de precios modelada se corresponde con un incremento de tarifas en búsqueda de asignar los ahora escasos (en términos relativos) servicios de infraestructura. Sin embargo, las experiencias recientes en los países de la región han demostrado las dificultades políticas y sociales vinculadas a tener incrementar las tarifas de los servicios públicos: las protestas en Argentina y Brasil ante los ajustes de los precios de la electricidad o en Colombia y Chile por los precios del transporte público son muestras fehacientes de dicha dificultad. Si como resultado de estas limitaciones políticas los precios de los servicios de infraestructura no pueden ajustarse a las nuevas condiciones, el resultado será una asignación de recursos menos eficiente que la que sugiere el modelo y por lo tanto caídas de la actividad económica de mayor magnitud.

Aun considerando que estos factores, el impacto de falta de inversiones adicionales y restricción de oferta de infraestructura, cuyo nivel queda fijo en el valor del primer año de la serie, tiene impactos significativos sobre el nivel de actividad. Esto se debe a que con limitaciones de oferta los precios de la infraestructura crecen mucho empeorando la distribución del ingreso y aumentando los costos de producción. Como esto se traslada a los precios, suben los salarios nominales y cae el empleo, así como empeora la competitividad de la economía, que entran en un círculo vicioso. Cabe notar que se trata de estimaciones de mínima, admitiendo que existen posibilidades de sustitución entre infraestructura y el resto de los bienes de la economía. Si la infraestructura fuera completamente insustituible los efectos negativos serían mucho mayores.

Los costos estimados de no invertir para expandir las existencias de capital en los sectores de infraestructura (en resumen, "desinversión") son grandes y aumentan en el tiempo en las 6 economías. En promedio, se estima que costará a los países seleccionados de América Latina y el Caribe aproximadamente 1 punto porcentual de crecimiento del PIB perdido en el primer año si no se agrega capital nuevo a las existencias existentes en los sectores de infraestructura. El costo podría subir hasta 12 puntos porcentuales de crecimiento perdido si la política persistiera durante diez años.

Los impactos son heterogéneos en todos los países, dependiendo de las estructuras de las economías; los pesos de los servicios de infraestructura en canastas de consumo y los requisitos de insumos intermedios para otros sectores económicos; sobre la medida en que la reasignación es factible entre los diferentes sectores productivos; y sobre las tasas de crecimiento de cada economía, entre otras.

Perú es un caso interesante porque los costos se estiman como los más grandes entre los países de la muestra. En el equilibrio inicial, se espera que Perú crezca a aproximadamente 3.6 por ciento anual en el horizonte de diez años, en promedio. Este es el segundo más alto entre los países incluidos en el ejercicio. Implica que diez años después, el PIB en Perú sería un 42 por ciento más alto que el nivel actual. Para lograr ese crecimiento, las existencias de capital en los sectores de infraestructura tendrían que aumentar aproximadamente un 30 por ciento (en promedio en los cuatro sectores de infraestructura) durante 10 años. En el escenario contrafáctico, con una menor inversión en infraestructura de tal manera que la tasa de crecimiento de las existencias de capital en los sectores de infraestructura fuera cero durante ese lapso, el crecimiento promedio del PIB caería a 1.2 por ciento anual en promedio. Esto a su vez implica que después de diez años, el PIB sería solo un 13 por ciento más alto que el nivel actual. La brecha de 29 puntos porcentuales entre el índice de referencia y el crecimiento acumulado contrafáctico del PIB es el costo estimado de reducir la inversión en infraestructura. Los grandes costos estimados para Perú sugieren que no invertir en infraestructura en el caso de economías de rápido crecimiento como Perú, puede crear cuellos de botella costosos que pueden obstaculizar el proceso de crecimiento.

Jamaica está en el otro extremo del espectro. En el equilibrio inicial, se espera que Jamaica crezca aproximadamente 1.1 por ciento anual en el horizonte de diez años, en promedio. Si eso se materializara, diez años después, el PIB en Jamaica sería un 11,5 por ciento más alto que el nivel actual. Para lograr ese crecimiento, las existencias de capital en los sectores de infraestructura tendrían que aumentar solo un 1 por ciento en 10 años. En el escenario contrafáctico, sin siquiera esa pequeña cantidad de inversión en infraestructura, el PIB diez años después sería solo un 8 por ciento más alto que el nivel actual. El costo estimado relativamente pequeño para Jamaica es consistente con una economía de bajo crecimiento. Después de todo, se necesitaría menos infraestructura nueva para respaldar una economía que se espera que crezca a tasas bajas. Sin embargo, si, por otro lado, Jamaica pudiera invertir más para mejorar su potencial de crecimiento, entonces los costos de desinversión aumentarían naturalmente.

Los otros cuatro casos se encuentran entre Perú (alto impacto estimado de desinversión) y Jamaica (bajo impacto estimado de desinversión). En promedio para los seis casos, se estima que una brecha de 25 puntos porcentuales en las existencias de capital estimadas de los sectores de infraestructura en el escenario de referencia y en los escenarios contrafácticos costará 15 puntos porcentuales del crecimiento del PIB perdido en un horizonte de 10 años.

Los impactos de la desinversión en infraestructura varían según el sector económico. En promedio, los impactos estimados son mayores en la manufactura (sectores industriales), a excepción de Bolivia, donde predomina la minería, y son los más bajos en servicios. Estos impactos estimados son consistentes con los pesos de la producción de los sectores de infraestructura, que son insumos intermedios en otros sectores productivos, sobre el valor bruto de la producción de los tres sectores agregados: 5.5% en Agricultura y Minería; 6.5% en Manufactura y 4.3% en servicios. En otras palabras, la manufactura es el sector que tiene el mayor uso de servicios de infraestructura en el proceso de producción de acuerdo con los SAM de los países, y en consecuencia es el sector que se estima que sufre los mayores costos en términos de crecimiento perdido en el escenario de desinversión.

Además de los impactos de la desinversión en el PIB y en los productos a nivel sectorial, el modelo permite rastrear los impactos esperados en la distribución del ingreso. En promedio, se estima que los hogares en los dos quintiles más pobres de la distribución del ingreso pierden 11 puntos porcentuales del ingreso real durante un período de diez años. En cambio, los hogares en los dos quintiles más ricos de la distribución del ingreso perderían 7 puntos porcentuales. Estos resultados son similares en todos los países. La intuición es que la oferta de servicios de infraestructura no podría mantenerse al día con la demanda sin una mayor inversión. En consecuencia, los precios de los servicios de infraestructura aumentarían. Esos aumentos de precios a su vez serían regresivos porque los hogares pobres dedican una mayor proporción del ingreso al gasto en servicios de infraestructura (16 por ciento del ingreso real, en promedio) que los hogares más ricos (13.5 por ciento del ingreso real, en promedio).

**Tabla 4. Resumen de variaciones entre Base y Escenarios de simulación  
(T=1 y T=10, en %)**

ARGENTINA	EC		EC + Mark UP		Desinversión	
	T=1	T=10	T=1	T=10	T=1	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>						
PBI	2,67	2,57	0,92	1,84	-0,64	-6,78
Importaciones/PBI (base=12.19)	-0,11	-0,14	-0,10	-0,15	-0,08	-0,49
Exportaciones/PBI (base=11.35)	-0,09	-0,13	0,25	0,21	-0,08	-0,48
Inversión/PBI (base=17.3)	-0,01	-0,01	0,25	0,25	0,01	0,10
Bienestar Gobierno	1,25	0,80	1,43	1,46	-0,24	-1,72
Déficit/pbi	-0,03	-0,02	0,04	0,04	0,02	0,16
Tasa de Desempleo (base=7.75)	-2,33	-0,88	-2,06	-0,61	1,13	7,35
<i>Indicadores de Bienestar</i>						
Hogar1	2,87	2,82	1,67	2,75	-0,48	-3,89
Hogar3	2,93	2,90	1,47	2,42	-0,57	-4,79
Hogar5	2,75	2,66	3,28	4,70	-0,40	-2,99
<i>Nivel de Actividad Agregado (en valores deflactados al IPE)</i>						
Primario	2,33	2,67	1,28	3,24	-1,13	-13,62
Secundario	3,66	3,37	3,01	3,82	-1,75	-18,93
Terciario	2,27	2,13	-0,07	0,66	-0,35	-3,02

  

BOLIVIA	EC		EC + Mark UP		Desinversión	
	T=1	T=10	T=1	T=10	T=1	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>						
PBI	1,50	1,62	-0,64	2,81	-0,22	-3,84
Importaciones/PBI (base=12.19)	0,16	0,14	0,83	0,75	-0,29	-2,49
Exportaciones/PBI (base=11.35)	0,15	0,12	1,39	1,44	-0,21	-1,92
Inversión/PBI (base=17.3)	0,00	0,00	0,39	0,36	-0,01	-0,13
Bienestar Gobierno	1,40	1,13	-0,03	0,86	-0,90	-8,82
Déficit/pbi	-0,02	-0,02	-0,07	-0,09	0,01	0,13
Tasa de Desempleo (base=7.75)	-1,21	-0,33	-0,64	-0,48	0,81	4,85
<i>Indicadores de Bienestar</i>						
Hogar1	0,93	0,85	-0,66	2,57	0,55	11,51
Hogar3	0,92	0,85	-0,61	2,60	0,38	9,48
Hogar5	2,22	2,60	3,55	8,43	-0,13	2,06
<i>Nivel de Actividad Agregado (en valores deflactados al IPE)</i>						
Primario	2,72	3,34	3,48	9,44	-1,33	-18,27
Secundario	2,76	2,98	3,88	8,60	-1,42	-18,59
Terciario	0,84	0,76	-3,61	-1,62	0,63	6,58

CHILE	EC		EC + Mark UP		Desinversión	
	T=1	T=10	T=1	T=10	T=1	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>						
PBI	3,67	3,53	1,28	2,54	-1,01	-13,59
Importaciones/PBI (base=12.19)	0,05	-0,04	0,37	0,20	-0,28	-2,00
Exportaciones/PBI (base=11.35)	0,08	-0,02	0,83	0,67	-0,26	-1,83
Inversión/PBI (base=17.3)	-0,02	-0,02	0,42	0,41	0,01	0,15
Bienestar Gobierno	2,20	1,51	1,97	1,82	-0,57	-5,59
Déficit/pbi	-0,04	-0,03	0,00	0,01	0,03	0,28
Tasa de Desempleo (base=7.75)	-3,62	-1,56	-3,57	-1,44	1,83	14,59
<i>Indicadores de Bienestar</i>						
Hogar1	5,04	5,41	2,28	4,03	-1,15	-11,91
Hogar3	4,29	4,41	2,03	3,51	-0,98	-9,98
Hogar5	3,05	2,80	3,90	5,65	-0,39	-3,54
<i>Nivel de Actividad Agregado (en valores deflactados al IPE)</i>						
Primario	4,85	5,27	4,49	7,31	-2,15	-35,51
Secundario	9,63	9,06	10,70	11,63	-4,29	-49,34
Terciario	2,32	2,07	-0,92	0,03	-0,19	-2,41

COSTA RICA	EC		EC + Mark UP		Desinversión	
	T=1	T=10	T=1	T=10	T=1	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>						
PBI	4,19	4,20	0,41	0,60	-1,37	-14,28
Importaciones/PBI (base=12.19)	-0,14	-0,29	0,34	0,14	-0,06	0,08
Exportaciones/PBI (base=11.35)	-0,03	-0,21	0,94	0,75	-0,04	0,27
Inversión/PBI (base=17.3)	-0,01	-0,01	0,33	0,33	0,00	0,03
Bienestar Gobierno	1,46	0,76	1,40	0,66	-0,47	-2,67
Déficit/pbi	-0,13	-0,09	0,03	0,02	0,02	0,18
Tasa de Desempleo (base=7.75)	-3,81	-1,67	-3,55	-0,75	1,82	10,65
<i>Indicadores de Bienestar</i>						
Hogar1	4,63	5,18	1,60	2,60	-1,24	-12,13
Hogar3	4,31	4,62	1,62	2,35	-1,06	-9,89
Hogar5	4,10	4,12	4,76	5,86	-0,71	-5,89
<i>Nivel de Actividad Agregado (en valores deflactados al IPE)</i>						
Primario	4,97	3,98	3,49	2,91	-2,11	-19,00
Secundario	11,15	11,69	11,32	12,83	-3,09	-30,01
Terciario	3,31	3,43	-1,22	-1,03	-1,10	-12,08

JAMAICA	EC		EC + Mark UP		Desinversión	
	T=1	T=10	T=1	T=10	T=1	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>						
PBI	3,63	2,77	1,59	1,24	-0,43	-3,48
Importaciones/PBI (base=12.19)	-0,06	-0,15	0,01	-0,08	-0,08	-0,53
Exportaciones/PBI (base=11.35)	0,03	-0,14	0,21	0,09	-0,10	-0,65
Inversión/PBI (base=17.3)	-0,08	-0,06	0,14	0,13	-0,01	-0,05
Bienestar Gobierno	2,30	1,15	2,43	1,37	-0,27	-1,56
Déficit/pbi	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,00
Tasa de Desempleo (base=7.75)	-3,22	-1,24	-3,15	-0,88	0,79	4,59
<i>Indicadores de Bienestar</i>						
Hogar1	3,24	2,73	1,99	2,01	-0,40	-3,11
Hogar3	3,59	3,00	2,13	2,10	-0,28	-2,08
Hogar5	3,31	2,62	3,39	3,19	-0,25	-1,65
<i>Nivel de Actividad Agregado (en valores deflactados al IPE)</i>						
Primario	5,79	3,61	5,33	4,35	-1,48	-11,91
Secundario	11,44	8,43	12,05	10,03	-2,94	-24,27
Terciario	2,56	2,13	-0,05	-0,11	0,02	0,16

PERÚ	EC		EC + Mark UP		Desinversión	
	T=1	T=10	T=1	T=10	T=1	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>						
PBI	2,83	3,39	0,21	2,44	-1,37	-29,13
Importaciones/PBI (base=12.19)	0,07	0,02	0,39	0,33	-0,31	-2,49
Exportaciones/PBI (base=11.35)	0,15	0,07	0,83	0,71	-0,30	-2,26
Inversión/PBI (base=17.3)	-0,03	-0,02	0,30	0,30	0,02	0,27
Bienestar Gobierno	1,66	1,47	0,06	1,65	-0,58	-7,62
Déficit/pbi	-0,03	-0,02	0,00	0,00	0,01	0,08
Tasa de Desempleo (base=7.75)	-2,75	-1,22	-0,32	-1,18	2,53	28,12
<i>Indicadores de Bienestar</i>						
Hogar1	3,32	4,11	1,00	3,15	-1,41	-17,59
Hogar3	3,37	4,17	0,98	3,38	-1,51	-21,20
Hogar5	2,21	2,58	2,26	4,97	-0,59	-11,20
<i>Nivel de Actividad Agregado (en valores deflactados al IPE)</i>						
Primario	3,93	4,37	3,16	6,16	-1,90	-69,79
Secundario	6,83	8,49	7,02	11,52	-6,63	-102,03
Terciario	1,72	2,08	-1,80	-0,19	-0,03	-3,15

## 8. Resultados de las simulaciones de proyectos específicos

Hasta este punto, se ha asumido que las ganancias de eficiencia son "exógenas", lo que significa que se introdujeron en el análisis como si fueran regalos para la economía. Sin embargo, los

proveedores de servicios, o el gobierno, o ambos, tendrían que hacer inversiones para implementar cambios tecnológicos en el sector que conduzcan a esas ganancias de eficiencia. Las simulaciones en las secciones anteriores son útiles para explorar los posibles impactos de las ganancias de eficiencia, pero son incompletas porque no consideran los costos en los que se incurre para obtener esas ganancias. Por ejemplo, la adopción de tecnologías solares para aumentar la participación de las energías renovables no tradicionales en la matriz generadora de electricidad requiere invertir en el equipo del panel; también requiere mejorar las redes de distribución de energía e invertir en mantenimiento y reparaciones para la tecnología solar. Por lo tanto, evaluar los beneficios y costos para la economía de mejorar la eficiencia en los servicios de infraestructura, requiere identificar los cambios tecnológicos reales que pueden generar las ganancias y evaluar los costos asociados a esos cambios.

En esta sección se presentan cuatro ejercicios especiales realizados con los modelos de EGC: 1) electrificación del transporte, 2) inclusión de tecnologías basadas en recursos renovables no convencionales (solar y eólico), 3) digitalización de los servicios de infraestructura y 4) autos compartidos por varios agentes. En la siguiente tabla se presenta una síntesis.

**Tabla 5. Ejercicios especiales**

<b>Simulación</b>	<b><i>Explicación</i></b>
<b>1. Electrificación del transporte</b>	Se simula una disminución del consumo de combustibles y aumento consumo electricidad por parte del sector de servicios de transporte. A su vez, se considera un aumento de la demanda del capital móvil del sector de servicios de transporte.
<b>2. Introducción de Renovables No Convencionales en la matriz de generación eléctrica</b>	Se simula una disminución del consumo de combustibles, con un redireccionamiento del capital hacia las nuevas tecnologías acompañado con un aumento de la inversión del resto del mundo en el sector.
<b>3. Digitalización de los servicios de infraestructura</b>	El ejercicio comprende los siguientes efectos: (1) una mayor intensidad del uso de los servicios de comunicación en toda la economía; (2) un mayor requerimiento de inversión en los sectores de servicios de infraestructura para poder incorporar el equipamiento necesario; (3) ganancias de eficiencia y productividad en los servicios de infraestructura.



<b>4. Tecnologías para el uso de autos compartidos</b>	Los efectos estimados son los siguientes: (1) reducción de consumo de durables en los hogares (autos); (2) reducción del consumo en combustible de los hogares; (3) incremento de inversión en el sector transporte para costear los nuevos vehículos; (4) ganancias de productividad en el sector transporte. (5) incremento de la demanda por transporte de los hogares.
--	--

## 8.1. Diseño de los ejercicios

### 8.1.1 Escenario 1: Electrificación del transporte

Para poder computar los ejercicios de electrificación del transporte se deben realizar estimaciones sobre dos componentes: el costo de capital y la tasa de sustitución entre combustibles y demanda eléctrica.

En relación con la dinámica del costo de capital se estableció como objetivo alcanzar el 30% del parque automotor eléctrico para el año final del ejercicio. Este es un objetivo ambicioso: la reciente campaña de la *International Energy Agency* denominada EV30@30 propone alcanzar una participación de mercado de 30% de vehículos eléctricos (EVs) para el año 2030 a nivel global. Las proyecciones para América Latina y el Caribe sugieren una penetración menor<sup>13</sup>.

En línea con este objetivo se asumió una penetración de autos eléctricos en el mercado de forma no lineal según el siguiente esquema:

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Participación de mercado de los vehículos eléctricos	1 %	3 %	5 %	7 %	10 %	13 %	16 %	20 %	25 %	30 %

Para incorporar esta dinámica al modelo, las sugerencias fueron dos. En primer lugar, establecer en el modelo que el sector de transporte resultara un 10% más capital intensivo que en la actualidad, con la finalidad de incorporar los costos extra de la adopción de la tecnología eléctrica (red de cargadores, mayor costo de compra de EVs respecto alternativas convencionales, etc.).

En segundo lugar, incorporar en el modelo la necesidad que las inversiones requeridas sean consistentes con que al período final los vehículos eléctricos representen el 50% del stock de capital del sector de transporte (incluyendo el transporte particular). El objetivo del 50% del stock tiene dos fundamentos: dado que la participación de mercado del 30% representará la parte más

<sup>13</sup> EVs Global Outlook 2017 <https://webstore.iea.org/download/direct/291?fileName=GlobalEVO Outlook2017.pdf>

nueva de los vehículos en circulación (y por lo tanto menos amortizados) su participación en el stock de capital debería ser mayor. En segundo lugar, dado que los EV estarán mayormente representados en los segmentos más caros del mercado su peso sobre el stock de capital también deberá ser mayor.

En relación con la tasa de sustitución de combustible por demanda eléctrica se consideraron 4 factores: la eficiencia promedio de un motor de combustión interna, la eficiencia promedio de un motor eléctrico, el costo del combustible y el costo de la energía eléctrica en cada uno de los países de la muestra. Dado que el modelo incorpora como input el valor del combustible utilizado, es necesario establecer una conversión entre el valor del combustible ahorrado respecto del valor de la nueva demanda por energía eléctrica generada por la electrificación del transporte. La Tabla 6 revela los factores de conversión utilizados para cada uno de los países analizados.

**Tabla 6. Factores de conversión utilizados para modelar el ahorro de combustibles debido a la electrificación del transporte**

Argentina	0.14
Bolivia	0.38
Chile	0.38
Costa Rica	0.27
Jamaica	1.38
Perú	0.28
<b>Promedio (simple) de la muestra</b>	<b>0.47</b>

Los valores de dicha tabla deben interpretarse de la siguiente forma: para el caso de la Argentina, por cada dólar que se deja de consumir en combustibles producto de la introducción de los EVs, la demanda eléctrica se incrementará en 0.14 centavos de dólar.

Para realizar esta estimación se computó el valor del litro de combustible en dólares en el país en cuestión; en función de la eficiencia promedio de un motor de combustión interna se estimó la distancia que podía ser recorrida con un dólar de combustible; en función de la eficiencia de los motores eléctricos se estimó cuanta energía eléctrica es requerida para realizar dicha distancia; y finalmente, en función del precio de la energía local se obtuvo el valor en dólares de dicho consumo eléctrico<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Eficiencia de motor de combustión interna: 30 millas por galón. Eficiencia de motor eléctrico: 3.5 millas por galón equivalente. Precios locales del combustible y de la energía reportados por INE-ENE.

### 8.1.2 Escenario 2: Cambio en la matriz energética para incluir renovables no convencionales

Para poder computar los ejercicios de incremento de la participación de renovables en la matriz eléctrica se deben realizar estimaciones sobre tres componentes: la evolución de la participación de los renovables en la matriz eléctrica, la reducción del consumo de combustibles (carbón, petróleo y gas) asociada a la reducción relativa en el uso de estos para generar energía eléctrica y el costo de capital requerido para incorporar capacidad de generación renovable (solar y eólica).

En primer lugar, para poder realizar dichas estimaciones se obtuvieron las matrices de generación eléctrica de las economías modeladas según la tecnología de generación en Gwh. En función de esta información se desarrollaron tres escenarios:

- *Inercial*: suponiendo que la oferta de energía sigue creciendo a tasas similares al promedio de la última década y que dicha energía es producida con exactamente la misma proporción de tecnologías de generación
- *Incremento de renovables*: suponiendo que la oferta de energía sigue creciendo a tasas similares al promedio de la última década y que dicha energía es producida escalonadamente con una proporción mayor de renovables hasta llegar a un objetivo de 40% de la producción en 2028. En este escenario en la medida que las fuentes renovables incrementan la generación se desactivan secuencialmente la generación con carbón en primer lugar, con petróleo en segundo, gas en tercero e hidroeléctrica en cuarto (solo para el caso de Costa Rica).
- *Incremento de renovables más medidas de eficiencia energética*: similar al segundo escenario, con la excepción que la oferta eléctrica crece a un ritmo 3% menor al promedio de la última década producto de medidas de eficiencia (luces Led, Smart-Grid, mejoras en la eficiencia de artefactos eléctricos).

En función de la cantidad de energía requerida en cada año en cada uno de los países se estimó la cantidad de cada uno de los combustibles requeridos para la generación eléctrica como proporción del consumo actual. A continuación, se ejemplifica el resultado de este procedimiento para el caso de Argentina bajo el escenario de incremento de renovables más medidas de eficiencia energética (véase Apéndice 2 para referenciar los cálculos realizados para el resto de los países analizados).

**Tabla 7. Reducción del consumo de combustibles para la generación eléctrica modelada para el caso argentino (Escenario Incremento de renovables más medidas de eficiencia energética)**

Año	Carbón	Petróleo	Gas
1	0%	99%	99%
2	0%	76%	98%
3	0%	57%	97%
4	0%	38%	97%
5	0%	19%	96%
6	0%	0%	95%
7	0%	0%	87%
8	0%	0%	81%
9	0%	0%	73%
10	0%	0%	65%

La información contenida en la tabla debe interpretarse de la siguiente forma: en el año 1, la Argentina dejará de consumir carbón como insumo para la generación eléctrica y consumirá 99 unidades de gas y petróleo por cada 100 unidades consumidas en el año base (año 0, correspondiente a 2016).

Una vez determinadas la oferta futura de energía necesaria para cada uno de los países, el siguiente paso es determinar la inversión requerida para permitir la expansión de la generación renovable en la matriz.

Para realizar dicho cálculo son necesarios dos datos: por una parte, el denominado factor de capacidad que permite establecer que capacidad instalada es necesaria para poder generar la energía eléctrica requerida (nótese que el factor de capacidad es menor en las energías renovables dada su intermitencia); por otro lado, es necesario estimar un costo de capital por MW de capacidad instalada para las tecnologías renovables.

Para este ejercicio, ambos datos provienen del *Model for Electricity Technology Assessments* (META) del *World Bank* para el año 2012. En relación a los datos utilizados es necesario mencionar dos salvedades: en primer lugar los factores de capacidad utilizados son mayores a los factores de capacidad implícitos, calculables por la capacidad instalada de generación y la energía producida por los países de la muestra. La utilización de factores de capacidad mayores tiene el efecto de reducir los requisitos de inversión en renovables pues asume que dada una capacidad instalada, el output eléctrico es mayor al que efectivamente se registra en

los datos disponibles. Este efecto sesga los resultados hacia una menor necesidad de inversión que la real. En segundo lugar, el costo de capital por MW de capacidad instalado en renovables ha sufrido una reducción drástica en el último lustro; el efecto de esta reducción del costo de capital es una sobrestimación de las necesidades de inversión necesarias. Estos efectos de signo contrario tienden a anularse y por lo tanto sus efectos se reducen.

Finalmente, dado que las mejoras de costos en las tecnologías de generación eólicas y solar han sido consistentes a lo largo de la última década, se realizó un análisis de sensibilidad a los resultados obtenidos por la vía de reducir en un 40% las necesidades de inversión previstas.

### *8.1.3 Escenario 3: Digitalización de los servicios de infraestructura*

La digitalización de los servicios de infraestructura es un concepto que engloba la aplicación de diversas tecnologías digitales de forma de optimizar la oferta de los servicios, mejorar la gestión de la demanda e incrementar la calidad de los mismos; el concepto abarca tecnologías tan disímiles como medidores inteligentes para controlar los consumos de electricidad a nivel residencial, aplicaciones digitales que permitan auditar los consumos de los electrodomésticos, sistemas digitales remotos de macro-medición para la mejorar la gestión de la presión del servicio de agua potable hasta pantallas digitales en las paradas de buses que indiquen la demora en la llegada de la próxima unidad.

Modelizar individualmente el impacto de cada uno de estos desarrollos digitales a nivel individual resulta dificultoso e impráctico. Sin embargo, hay características comunes que permiten realizar una aproximación macroeconómica de los impactos de dichas aplicaciones: en primer lugar, la aplicación de tecnologías digitales a los servicios de infraestructura solo tendrán sentido de ser implementadas si permiten a los proveedores ahorrar insumos (mejoras de eficiencia) o incrementar sus capacidades para proveer los servicios (mejoras de productividad); en segundo lugar, para obtener dichos beneficios será necesario invertir en dispositivos (medidores inteligentes, teléfonos inteligentes, entre otros) e infraestructura (incrementar la cobertura de redes 5G, por ejemplo) que consientan desarrollar el potencial de las nuevas tecnologías disponibles; finalmente, la utilización de estos servicios sobre plataformas digitales incrementarán la demanda sobre los servicios de comunicación, móviles y fijos, que permitan asegurar el flujo de información.

En este escenario se buscarán modelar en simultáneo tres impactos directos de la digitalización de los servicios de infraestructura. Por un lado, se incorporó en los modelos un 15% de mejora de eficiencia en el uso de los insumos y una ganancia de 15% de productividad a lo largo de 10 años en los sectores de servicios de infraestructura, de modo tal que los mismos se beneficien de la implementación de las tecnologías digitales. En simultáneo, se incorporó la necesidad de aumentar las necesidades de capital en un 10% para los proveedores de los servicios de infraestructura para simular los requisitos financieros de incorporar nuevos dispositivos y modernizar la infraestructura. Finalmente, se incrementó la demanda de los servicios de comunicaciones para todos los sectores de la economía en un 2% con relación a los valores del año base para los primeros 3 años, 3.5% para los tres años subsiguientes y 5% para el último cuatrienio, representando el uso más intenso de dicho servicio para acceder a los beneficios de las tecnologías digitales.

#### *8.1.4 Escenario 4: Modelización de los servicios de autos compartidos y autónomos*

Para el medir el impacto del uso de plataformas digitales para el transporte compartido, lo que se buscó simular son las consecuencias de que la población adopte para realizar el 50% de sus viajes el servicio de transporte compartido en remplazo del transporte privado. Los beneficios asociados a este escenario son la reducción de la inversión en bienes durables (automóviles) y combustible de los hogares y el incremento de la productividad y eficiencia (los incrementos se realizan de acuerdo con los coeficientes de mejoras resumidos en las Tabla 8 y 9) del sector de transporte producto de un uso más intensivo de los activos. Los costes se vinculan al incremento de inversión necesaria por parte de las empresas transportistas para incrementar el volumen de pasajeros transportados, así como un incremento en el gasto de los servicios de transporte por parte de los hogares, equivalentes al valor de la reducción en el consumo de combustibles.

**Tabla 8. Distribución temporal de las mejoras en la eficiencia y productividad de los servicios de transporte producto de la introducción de tecnologías que permiten el uso de autos compartidos**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eficiencia	0.5%	1.5%	2.5%	3.5%	5%	6.5%	8%	10%	12.5%	15%
Productividad	0.5%	1.5%	2.5%	3.5%	5%	6.5%	8%	10%	12.5%	15%

**Tabla 9. Distribución temporal de las reducción del consumo de combustibles y bienes durable de los hogares producto de la introducción de tecnologías que permiten el uso de autos compartidos**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Reducción de consumo de combustibles y de stock de bienes durables (automóviles)	1%	3%	5%	7%	10%	13%	16%	20%	25%	30%

## 8.2.Resultados

En la Tabla 10 se presentan los resultados por país, para los años 1, 5 y 10 del programa, y para indicadores seleccionados, incluyendo el bienestar de los más pobres (primer quintil de ingresos) y los más ricos (quinto quintil) en términos de la Variación Equivalente.

**Tabla 10. Resultados según indicadores seleccionados (diferencias con la trayectoria base)**

	Argentina											
	Autos eléctricos			Renovables			Digitalización			Car sharing		
	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>												
Actividad económica (PBI)	0.00	0.11	0.48	-0.01	0.50	0.39	-0.11	1.03	4.37	0.01	0.14	0.50
Balance comercial (X/M)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Déficit/pbi	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	-0.02	-0.06	0.00	0.00	0.00
Bienestar primer quintil	0.01	0.22	0.86	-0.01	0.62	0.59	-0.11	0.84	3.76	0.03	0.31	1.05
Bienestar quinto quintil	0.02	0.27	1.04	-0.07	-0.25	-1.15	-0.10	0.81	3.60	0.03	0.29	1.01

	Bolivia											
	Autos eléctricos			Renovables			Digitalización			Car sharing		
	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>												
Actividad económica (PBI)	-0.13	0.18	2.60	0.34	0.24	0.04	-0.08	1.55	8.64	0.02	0.23	0.90
Balance comercial (X/M)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Déficit/pbi	0.00	0.01	-0.04	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	-0.10	0.00	-0.01	-0.02
Bienestar primer quintil	-0.11	0.16	2.46	0.43	0.41	0.32	-0.06	1.22	7.52	0.02	0.19	0.75
Bienestar quinto quintil	-0.09	-0.01	1.44	0.35	0.30	0.20	-0.09	0.67	4.79	0.01	0.17	0.65

	Chile											
	Autos eléctricos			Renovables			Digitalización			Car sharing		
	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>												
Actividad económica (PBI)	0.01	0.12	0.52	-0.06	-0.71	-2.23	-0.10	1.66	5.64	0.01	0.06	0.22
Balance comercial (X/M)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Déficit/pbi	0.00	0.01	0.02	0.00	-0.01	-0.02	0.00	-0.02	-0.05	0.00	0.01	0.02
Bienestar primer quintil	0.03	0.45	1.73	-0.07	-0.93	-3.06	-0.06	1.89	6.60	0.02	0.25	0.89
Bienestar quinto quintil	0.02	0.27	1.02	-0.13	-2.05	-8.10	-0.11	1.17	4.01	0.01	0.15	0.51

	Costa Rica											
	Autos eléctricos			Renovables			Digitalización			Car sharing		
	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>												
Actividad económica (PBI)	-0.07	-0.01	0.50	0.03	-0.19	-0.61	-0.08	1.46	7.43	-0.22	-0.13	0.03
Balance comercial (X/M)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Déficit/pbi	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	-0.01	-0.05	-0.17	0.00	-0.01	-0.01
Bienestar primer quintil	-0.05	0.06	0.89	0.02	-0.38	-1.30	-0.14	0.82	5.80	-0.48	-0.25	0.35
Bienestar quinto quintil	-0.05	-0.01	0.38	-0.01	-0.83	-2.87	-0.28	0.67	5.17	-0.49	-0.27	0.29

	Perú											
	Autos eléctricos			Renovables			Digitalización			Car sharing		
	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>												
Actividad económica (PBI)	-0.05	0.12	1.05	0.53	0.00	-1.86	-0.14	0.97	3.81	0.01	0.08	0.27
Balance comercial (X/M)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Déficit/pbi	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.01
Bienestar primer quintil	-0.04	0.18	1.37	0.45	-0.12	-2.07	-0.10	0.92	3.61	0.01	0.12	0.44
Bienestar quinto quintil	-0.01	0.34	1.78	0.28	-0.71	-3.73	-0.13	0.61	2.46	0.03	0.28	1.03



	Jamaica											
	Autos eléctricos			Renovables			Digitalización			Car sharing		
	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10	T=1	T=5	T=10
<i>Indicadores Macroeconómicos</i>												
Actividad económica (PBI)	-0.04	-0.16	-0.28	0.06	0.04	0.03	-0.11	0.83	3.60	0.02	0.15	0.45
Balance comercial (X/M)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Déficit/pbi	2.07	2.01	1.93	2.07	2.01	1.93	2.07	2.00	1.89	2.07	2.00	1.92
Bienestar primer quintil	-0.03	-0.13	-0.21	0.05	0.03	0.03	-0.11	0.45	2.35	0.01	0.13	0.40
Bienestar quinto quintil	-0.03	-0.09	-0.11	0.04	0.03	0.03	-0.08	0.63	2.68	0.02	0.14	0.44

Los resultados muestran que:

- La digitalización de los servicios de infraestructura en América Latina y el Caribe puede impulsar el crecimiento económico y, al mismo tiempo, favorecer a los pobres. El PIB aumentaría en todos los países de la región con respecto al escenario básico (sin shocks). El aumento estimado del PIB derivado de la digitalización en los sectores de infraestructura aumenta con el tiempo. En promedio, hay una disminución de 0,10 puntos porcentuales en el PIB en comparación con la línea de base en el primer año de simulaciones debido a los mayores costos de inversión. Esto es consistente en todos los países. Pero las ganancias de eficiencia resultantes comienzan a entrar en vigor en el año 2 y se acumulan con el tiempo alcanzando 5.6 puntos porcentuales de mayor crecimiento, en promedio, si la política persiste durante 10 años. Bolivia, Costa Rica y Chile muestran un rendimiento superior al promedio, acumulando 8.6, 7.4 y 5.6 puntos porcentuales del PIB por encima de su tendencia de crecimiento, respectivamente. El aumento en la tasa de crecimiento va acompañado de mejoras en la distribución del ingreso. Los modelos muestran que en todos los países, en promedio, los ingresos reales de los dos quintiles más pobres aumentarían en un 18 por ciento más que los de los dos quintiles más ricos.
- Los impactos estimados de aumentar la proporción de energía solar y eólica al 40 por ciento de la matriz generadora de electricidad en el PIB son heterogéneos: por un lado, los precios de la electricidad debiesen verse reducidos por la disminución del uso de insumos intermedios y al mismo tiempo

deberían experimentar una tendencia creciente producto de la necesidad de remunerar el nuevo capital requerido, siendo el efecto sobre el crecimiento ambiguo dependiendo de la potencia relativa de ambas tendencias contrapuestas. Por otra parte, la necesidad de aumentar la inversión en el sector eléctrico para cambiar la matriz de generación compromete (y compite con) la capacidad para financiar inversiones en otros sectores de la economía y por lo tanto reduce el crecimiento potencial. Esta posible ambigüedad de los resultados se reflejó en los resultados observados de los países analizados: el PIB aumenta en aproximadamente 0.5 puntos porcentuales por encima del equilibrio inicial en diez años en Argentina; y cantidades menores en Bolivia y Jamaica; en cambio, el PIB se reduciría en aproximadamente 2 puntos porcentuales en Perú y Chile en relación con el equilibrio inicial. Estos resultados se explican debido a que estos últimos países dejan de usar combustibles relativamente abundantes y baratos (carbón en Chile y gas en Perú) por lo que los beneficios de realizar la transición a energías renovables no convencionales se ven reducidos respecto a los otros países de la muestra. Los impactos estimados en los productos a nivel sectorial y la distribución del ingreso también son heterogéneos en toda la región. Cuando las necesidades de inversión son 40% más bajas (es decir, entre 3 y 4.5% del PIB), los impactos estimados de aumentar la participación de las fuentes de energía renovable en la matriz de generación de electricidad en el PIB aumentan, particularmente en Chile y Perú.

- El aumento en la participación de vehículos eléctricos y la expansión de los servicios de uso compartido de automóviles tiene un impacto positivo, aunque cuantitativamente pequeño, en el PIB de América Latina y el Caribe durante 10 años. En promedio, para el final del décimo año, el PIB sería 1.2 puntos porcentuales más alto en las economías incluidas en este ejercicio en relación con la línea de base. El pequeño impacto cuantitativo en el PIB no es sorprendente teniendo en cuenta que el peso del sector del transporte, que es el más afectado por estos cambios, es de alrededor del 5 por ciento del PIB en América Latina y el Caribe, en promedio. Esto, sin embargo, puede ser una

subestimación, ya que no considera los servicios de transporte proporcionados por los hogares y las empresas, que según Coremberg (2018), aumentarían el peso relativo del sector del transporte en aproximadamente un 50 por ciento, un promedio si fueron contabilizados en cuentas nacionales.

- Los impactos distributivos del aumento en la participación de vehículos eléctricos y la difusión de los servicios de uso compartido de automóviles en América Latina y el Caribe también son cuantitativamente pequeños y heterogéneos. En promedio, la introducción de vehículos eléctricos tiene un sesgo progresivo, aumentando más que proporcionalmente los ingresos reales de los quintiles más pobres en comparación con los quintiles más ricos al final del período de simulación; Sin embargo, la expansión de los servicios de uso compartido de automóviles va en la dirección opuesta, pero es cuantitativamente menor.
- Otra dimensión relacionada con los impactos ambientales. Se espera que el aumento en la participación de vehículos eléctricos reduzca la emisión de contaminantes de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Los modelos de equilibrio general empleados incluyen un "índice de contaminación", construido en base al grado de contaminación emitido por cada sector. La introducción de autos eléctricos reduciría las emisiones totales en la región: las simulaciones indican que las emisiones disminuirían en un 3.4% en promedio en comparación con el equilibrio inicial, y en más del 4% para el caso de Chile y Perú. La excepción es Jamaica, un país con una matriz de generación de electricidad que depende en mayor medida de los combustibles fósiles.

## **9. Reflexiones finales**

En este trabajo hemos presentado los resultados de modelos de Equilibrio General Computado aplicados al análisis del impacto de la infraestructura en varios países de América Latina y el Caribe: Argentina, Bolivia, Chile, Costa Rica, Jamaica y Perú. Hemos examinados los efectos de ganancias en eficiencia, productividad y calidad, que demuestran ser muy significativos. También hemos examinado cómo el aumento simultáneo de los precios de los servicios de infraestructura puede llegar a reducir las ganancias en términos absolutos y su distribución entre los quintiles de

ingreso Vimos también las negativas consecuencias que tiene para el crecimiento de los países y el nivel de bienestar de sus habitantes de detener la inversión en infraestructura, que han resultado grandes. Y también hemos estudiado programas especiales de desarrollo de infraestructura, como la aplicación de tecnologías limpias (con recursos renovables) y de digitalización, cuyos resultados son en general favorables pero dependen críticamente de las características estructurales de los países y no muestran un patrón de comportamiento único. El estudio ha tratado de ser claro en cuanto a las propiedades y las características del método de EGC empleado, que enfatiza el cambio de precios relativos, particularmente apropiado para resaltar justamente los aspectos estructurales, las interacciones industriales y las limitaciones impuestas por las restricciones presupuestarias y la libre asignación de los recursos vía los mercados.

## Referencias

- [1] Arrow, K. y G. Debreu, (1954). “Existence of an equilibrium for a Competitive Economy,” *Econometrica* 22, pp. 265-90.
- [2] Bacharach, M., (1970). *Biproportional Matrices & Input-Output Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [3] Brooke A., D. Kendrick y A. Meeraus (1992). *GAMS: A User’s Guide*, Release 2.25. Scientific Press.
- [4] Brock W.A. and M.Scott Taylor (2004), “Economic Growth and the Environment: a Review of Theory and Practice”, *NBER Working Paper* 10854.
- [5] Burfisher M.E. (2016). *Introduction to Computable General Equilibrium Models*. Cambridge University Press, 2<sup>nd</sup>. Edition.
- [6] Canova, F. (1994). “Statistical Inference in Calibrated Models,” *Journal of Applied Econometric* 9, pp.s123-s144.
- [7] Chakraborty S., C.Papageorgiou and F.Pérez Sebastián (2008), “Diseases and Development: A Theory of Infection Dynamics and Economic Behavior”, March.
- [8] Chisari O., A.Estache y G.Nicodeme (2016). “Efficiency and Equity Effects of Taxing the Financial Sector: Lessons from a CGE Model of Belgium”. *FinanzArchiv*, vol 72, June, 125-157.
- [9] Chisari, O., A. Estache y C. Romero, (1999). “Winners and Losers from the Privatization and Regulation of Utilities: Lessons from a General Equilibrium Model of Argentina”, *The World Bank Economic Review*, vol. 13, no. 2, 357-78.
- [10] Chisari, O., A. Estache y C. Romero, (2007). “Lessons from Computable General Equilibrium Models Applied to Regulatory Economics,” en Chisari, O. (Ed.): *Regulatory Economics and Quantitative Methods*, (Cheltenham, UK: E.Elgar). io.
- [11] Chisari, O., C. Romero y equipo de trabajo de INECO-UADE, (2009). *Un modelo de equilibrio general computable para la Argentina*, (Buenos Aires: PNUD).
- [12] Coremberg, A. (2018). “La cuenta satélite de los servicios de infraestructura: una nueva manera de medir la infraestructura en América Latina con base en los casos de Argentina, Brasil y México. Fuentes, métodos y resultados”. Nota Técnica número 1502. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, DC.

- [13] Dawkins, C., Srinivasan, T. y Whalley, J. (2001). "Calibration", en Heckman, J. y Learner, E. (eds.): *Handbook of Econometrics* Vol. 5. Amsterdam, North Holland.
- [14] Dervis, K., J. de Melo y S. Robinson (1982). *General Equilibrium Models for Development Policy*. New York: Cambridge University Press.
- [15] Estache A., J.F.Perrault y L.Savard (2012). "The Impact of Infrastructure Spending in Sub-Saharan Africa: A CGE Modeling Approach", *Economics Research International*.
- [16] Ginsburgh V. y M.Keyzer (1997). *The Structure of Applied General Equilibrium Models*. The MIT Press.
- [17] Hansen, L. y Heckman, J. (1996). "The Empirical Foundations of Calibration," *The Journal of Economic Perspectives* 10(1), Winter, 87-104.
- [18] Harberger, A. C. (1962). "The Incidence of the Corporate Income Tax", *Journal of Political Economy*, 70, 215-240.
- [19] Izquierdo, A., Pessino, C., & Vuletin, G. (Eds.). (2018). *Better Spending for Better Lives: How Latin America and the Caribbean Can Do More with Less* (Vol. 10). Inter-American Development Bank.
- [20] Kojima M. and I.Klytchnikova (2008). "Biofuels. Big potential for some...but big risks too", Development Outreach, October, World Bank Institute.
- [21] Kretschmer B., D.Narita and S.Peterson (2009). "The economic effects of the EU biofuel target," *Energy Economics* 31, S285-S294.
- [22] Mansur, A. y Whalley, J. (1984). "Numerical specification of applied general equilibrium models: estimation, calibration, and data", en *Applied general equilibrium analysis* (ed. por H. E. Scarf y J. B. Shoven), pp. 69-127, Cambridge University Press, Cambridge.
- [23] Mantel, R., (1968). "Toward a Constructive Proof of the Existence of Equilibrium in a Competitive Economy". *Yale Economic Essays* 8, pp. 155-196.
- [24] Mathiesen, L. (1985). "Computation of economic equilibria by a sequence of lineal complementarity problems", *Mathematical Programming Study*, 23, North-Holland.
- [25] McDougall R. (1999). "Entropy Theory and RAS are friends". *Agricultural Economics*. GTAP Working Papers. Disponible en <http://docs.lib.purdue.edu/gtapwp/6>.
- [26] Nagurney, A. (1999). *Network Economics. A Variational Inequality Approach*. *Advances in Computational Economics*, Kluwer Academic Publishers.
- [27] Pyatt, G. y J. Round (1985). *Social Accounting Matrices*. Washington DC: The World Bank.

- [28] Robinson, S. (1989). "Multisectoral models". En H. Chenery y T. Srinivasan (eds.). Handbook of Development Economics Vol. II.
- [29] Robinson S., A. Cattaneo, A. y M El-Said (2001). "Updating and Estimating a Social Accounting Matrix Using Cross Entropy Methods," *Economic System Research* 13 (1): 47-64.
- [30] Romero C. (2009), "Calibración de modelos de equilibrio general computado: métodos y práctica usual", en O.O.Chisari editor, *Progresos en Economía Computacional*, Asociación Argentina de Economía Política.
- [31] Round J. (2003). "Constructing SAMs for Development Policy Analysis: Lessons Learned and Challenges Ahead," *Economic Systems Research* 15 (2): 161–183.
- [32] Rutherford, T. (1987). "Implementational Issues and Computational Performance Solving Applied General Equilibrium Models with SLCP", Cowles Foundation Discussion Paper No.837, May.
- [33] Rutherford, T. (1988). "General equilibrium modeling with MPS/GE", Department of Economics, University of Western Ontario.
- [34] Scarf, H (con T. Hansen)(1973). *The Computation of Economic Equilibria*. New Haven: Yale University Press.
- [35] Shoven J.B. y J.Whalley (1974). "General equilibrium with taxes: A computational procedure and existence proof". *Review of Economic Studies* 40: 475-489.
- [36] Shoven, J. y J. Whalley, (1992). *Applying General equilibrium*. New York: Cambridge University Press.
- [37] Stone, R. (1978). "Forward" to G. Pyatt, A. Roe, et al, Social accounting for Development Planning. Cambridge: Cambridge University Press.

## Apéndice 1. Matrices de Contabilidad Social

Tabla M1: Argentina 2015 - Matriz de Contabilidad Social (en Millones de pesos).

		Actividades						Factores		Impuestos	Hogares	Gobierno	Inversión		RM	Totales
		S01	S02	S03	S04	S05	S06	L	K		H01		Priv.	Pub.		
Actividades	S01	93.011	508.896	48.353	0	0	45.697				56.998	0	22.054	5.059	131.005	911.074
	S02	133.850	705.561	22.174	108.653	17.083	448.175				1.146.793	0	195.386	44.823	342.610	3.165.106
	S03	6.005	18.740	5.305	3.428	2.441	23.503				36.627	0	0	0	7	96.056
	S04	42.100	60.135	4.466	54.682	13.063	56.390				233.436	0	8.458	1.940	33.597	508.269
	S05	2.491	20.113	782	9.826	66.541	86.318				164.155	0	0	0	1.058	351.283
	S06	95.434	355.962	13.413	86.883	70.948	870.005				1.889.122	1.068.286	462.262	106.046	137.338	5.155.699
Factores	L	93.379	217.824	15.456	116.173	12.288	1.212.957									1.668.076
	K	315.154	434.801	32.397	34.191	98.296	1.503.813									2.418.652
Impuestos	IM	630	10.321	190	474	378	6.455				7.446		9.618			35.512
	IVA	6.710	219.525	3.827	19.421	29.421	136.687				17.485					433.076
	Otros	43.890	257.144	12.547	10.770	5.122	146.550									476.022
	Subv	0	-5.076	-128.472	0	0	0									-133.548
	IL	27.851	107.887	12.050	35.876	8.789	336.900									529.353
	IK	35.322	82.401	6.006	2.579	11.223	140.320									277.851
	IH										217.525					217.525
Hogares	H01							1.666.093	2.303.651			855.318				4.825.062
Gobierno								0	113.517	1.835.792						1.949.310
Inversión	Priv.										826.157					826.157
	Púb.											157.868				157.868
RM		15.245	170.871	47.563	25.313	15.690	141.931	1.983	1.484		148.276		128.379			696.736
BNI											81.043	-132.163			51.120	0
Totales		911.074	3.165.106	96.056	508.269	351.283	5.155.699	1.668.076	2.418.652	1.835.792	4.825.062	1.949.310	826.157	157.868	696.736	

Actividades: S01: Agricultura y Minería, S02: Industria, S03: Electricidad, Gas y Agua, S04: Transporte, S05: Comunicación, S06: Resto de Servicios.



**Tabla M2: Bolivia, 2015. Matriz de Contabilidad Social (en Millones de pesos).**

		Actividades						Factores		Impuestos	Hogares	Gobierno	Inversión		RM	Totales
		S01	S02	S03	S04	S05	S06	L	K		H01		Priv.	Pub.		
Actividades	S01	19.373	19.816	1.678	36	17	2.411				10.588	0	1.959	3.294	34.198	93.371
	S02	4.550	10.312	678	4.785	316	12.958				31.133	0	674	1.134	26.725	93.265
	S03	998	1.810	2.608	86	96	2.028				4.128	0	6	9	1	11.770
	S04	5.514	701	12	41	94	1.489				25.484	0	2	4	1.272	34.613
	S05	86	161	12	48	646	1.489				2.307	0	98	165	934	5.948
	S06	4.053	5.218	723	4.320	759	13.413				55.660	39.895	2.676	13.435	7.259	147.412
Factores	L	6.404	6.133	813	3.507	353	38.732									55.942
	K	15.776	22.202	3.077	11.375	1.428	38.317									92.173
Impuestos	IM	194	337	-15	-55	5	310				3.584		3.791			8.151
	IVA	235	3.163	624	855	551	4.749				0					10.177
	Otros	14.494	5.162	296	1.126	1.120	11.114									33.313
	Subv	0	0	0	0	0	0									0
	IL	713	683	91	391	39	4.314									6.231
	IK	9.604	4.420	455	1.683	211	5.671									22.044
	IH										2.590					2.590
Hogares	H01							55.942	76.846			15.629				148.418
Gobierno								0	15.327	82.507						97.833
Inversión	Priv.										30.690					30.690
	Púb.											18.042				18.042
RM		11.378	13.148	717	6.415	311	10.418	0	0		20.650		21.483			84.519
BNI											-38.397	24.267			14.129	0
Totales		93.371	93.265	11.770	34.613	5.948	147.412	55.942	92.173	82.507	148.418	97.833	30.690	18.042	84.519	

Actividades: S01: Agricultura y Minería, S02: Industria, S03: Electricidad, Gas y Agua, S04: Transporte, S05: Comunicación, S06: Resto de Servicios.

Factores: L: Trabajo, K: Capital.

Hogares: H01: 5 hogares distribuidos por quintil de ingreso.

Inversión: Priv.: Privada, Pub.: Pública.

Impuestos: IM: aranceles, IVA: valor agregado, Otros: resto de indirectos, Subv: subsidios, IX: retenciones a las exportaciones, IL: laborales, IK: al capital, IH: directos.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla M3: Chile 2015 - Matriz de Contabilidad Social (en Millones de pesos).**

		Actividades						Factores		Impuesto s	Hogares	Gobierno	Inversión		RM	Totales
		S01	S02	S03	S04	S05	S06	L	K		H01		Priv.	Pub.		
Actividades	S01	1.651	8.078	94	207	0	126				1.709	49	196	31	2.007	14.149
	S02	2.300	11.509	513	7.793	380	2.132				19.743	49	2.403	385	38.369	85.576
	S03	73	2.672	2.996	589	74	1.116				2.519	0	25	4	486	10.552
	S04	1.590	5.767	534	14.208	518	7.536				19.132	312	17.225	2.759	2.160	71.741
	S05	202	1.207	84	1.116	732	360				1.140	0	0	0	2.693	7.535
	S06	789	7.631	1.246	8.028	1.033	18.104				39.951	20.502	4.461	714	1.367	103.827
Factores	L	1.529	5.871	665	12.699	924	25.293									46.981
	K	3.894	22.006	2.206	14.342	1.545	29.768									73.762
Impuestos	IM	33	138	25	148	53	67				173		83			721
	IVA	111	3.472	567	2.550	54	4.386				1.944					13.086
	Otros	157	2.395	55	494	66	1.134									4.302
	Subv	0	0	0	-536	0	0									-536
	IL	442	1.699	192	3.674	267	7.318									13.593
	IK	355	2.008	201	1.309	141	2.716									6.730
	IH										3.091					3.091
Hogares	H01							46.856	67.963			13.197				128.016
Gobierno								0	2.949	40.985						43.934
Inversión	Priv.										33.588					33.588
	Púb.											3.894				3.894
RM		1.023	11.121	1.174	5.119	1.747	3.771	125	2.849		14.106		9.196			50.230
BNI											-9.081	5.931			3.149	0
Totales		14.149	85.576	10.552	71.741	7.535	103.827	46.981	73.762	40.985	128.016	43.934	33.588	3.894	50.230	

Actividades: S01: Agricultura y Minería, S02: Industria, S03: Electricidad, Gas y Agua, S04: Transporte, S05: Comunicación, S06: Resto de Servicios.

Factores: L: Trabajo, K: Capital.

Hogares: H01: 5 hogares distribuidos por quintil de ingreso.

Inversión: Priv.: Privada, Pub.: Pública.

Impuestos: IM: aranceles, IVA: valor agregado, Otros: resto de indirectos, Subv: subsidios, IL: laborales, IK: al capital, IH: directos.

RM: Resto del Mundo.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla M4: Costa Rica 2015 - Matriz de Contabilidad Social (en Millones de colones).**

		Actividades						Factores		Impuesto s	Hogares	Gobierno	Inversión		RM	Totales
		S01	S02	S03	S04	S05	S06	L	K		H		Priv.	Pub.		
Actividades	S01	1,111,697	377,407	642	5,276	534,644	391,257				2,765,725	0	55,927	11,067	2,340,990	7,594,633
	S02	61,998	549,953	13,809	97,287	13,136	702,385				1,216,095	7,473	118,175	23,384	2,878,685	5,682,381
	S03	45,746	244,863	36,692	20,415	81,395	188,805				544,482	0	0	0	3,933	1,166,331
	S04	62,729	201,228	8,510	148,691	54,232	271,731				1,540,720	7,581	0	0	429,272	2,724,695
	S05	122,235	308,389	32,928	172,519	301,913	707,620				1,590,474	0	0	0	18,357	3,254,436
	S06	237,387	1,544,740	281,223	528,943	492,545	5,611,475				7,480,301	5,103,279	3,014,998	596,602	3,343,812	28,235,304
Factores	L	735,041	619,299	212,991	285,850	438,638	7,625,432									9,917,252
	K	1,730,587	1,273,221	423,200	839,990	818,152	6,795,514									11,880,663
Impuestos	IM	275,461	4,724	3,222	28,577	19,950	141,382				318,110		83,248			874,674
	IVA	86,673	113,989	30,296	14,626	142,501	581,361				366,630					1,336,075
	Otros	109,907	20,700	8,244	326,954	1,173	28,411									495,389
	Subv	0	0	-1,009	-1,293	0	0									-2,302
	IL	288,617	243,171	83,632	112,240	172,233	2,994,163									3,894,057
	IK	71,961	60,630	20,852	27,985	42,943	746,535									970,905
	IH										530,881					530,881
Hogares	H							9,883,858	10,627,713			5,773,437				26,285,008
Gobierno									114,671	8,099,679						8,214,350
Inversión	Priv.										4,761,815					4,761,815
	Púb.											631,053				631,053
RM		2,654,593	120,068	11,100	116,635	140,979	1,449,234	33,393	1,138,279		3,195,344		1,489,467			10,349,092
BNI											1,974,431	3,308,474			1,334,043	0
Totales		7,594,633	5,682,381	1,166,331	2,724,695	3,254,436	28,235,304	9,917,252	11,880,663	8,099,679	26,285,008	8,214,350	4,761,815	631,053	10,349,092	

Actividades: S01: Agricultura y Minería, S02: Industria, S03: Electricidad, Gas y Agua, S04: Transporte, S05: Comunicación, S06: Resto de Servicios.

Factores: L: Trabajo, K: Capital.

Hogares: H01: 5 hogares distribuidos por quintil de ingreso.

Inversión: Priv.: Privada, Pub.: Pública.

Impuestos: IM: aranceles, IVA: valor agregado, Otros: resto de indirectos, Subv: subsidios, IL: laborales, IK: al capital, IH: directos.

RM: Resto del Mundo.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla M5: Jamaica 2015 - Matriz de Contabilidad Social (en Millones de JA\$).**

		Actividades						Factores		Impuestos	Hogares	Gobierno	Inversión		RM	Totales
		S01	S02	S03	S04	S05	S06	L	K		H		Privada	Pública		
Actividades	S01	18,252	42,956	204	1		17,840				97,233		213		113,108	289,807
	S02	38,715	36,971	13,084	6,142	797	102,787				158,756		7,842		105,733	470,827
	S03	2,398	8,694	10,864	1,228	1,038	44,705				48,397				15,566	132,890
	S04	7,989	12,657	231	13,609	1,576	57,637				49,870				18,147	161,715
	S05	366	2,093	505	2,731	8,325	28,331				27,077				10,488	79,917
	S06	28,837	50,922	10,272	29,020	5,897	290,757				655,184	229,301	128,815	136,870	232,995	1,798,871
Factores	L	42,173	50,273	13,546	34,462	10,411	533,307									684,173
	K	68,817	56,625	24,209	17,306	32,198	323,746									522,901
Impuestos	TL	2,976	3,548	956	2,432	735	37,638									48,285
	TK	10,584	8,709	3,723	2,662	4,952	49,790									80,419
	IVA	1,764	2,880	878	2,262	491	62,649									70,925
	TM	5,059	11,650	2,787	6,544	225	12,227				72,323		20879			131,695
	Otros	2,362	6,239	1,299	8,861	532	90,744									110,037
	IH										9,979					9,979
Hogares	H							684,173	522,901			131,584				1,338,658
Gobierno										451,339						451,339
Inversión	Priv.										215,872					215,872
	Pub.											136,870				136,870
RM		59,514	176,608	50,332	34,455	12,739	146,715				227,777		58,122			766,262
BNI											-	-			270,225	0
Totales		289,807	470,827	132,890	161,715	79,917	1,798,871	684,173	522,901	451,339	1,338,658	451,339	215,872	136,870	766,262	

**Tabla M5: Perú 2015 - Matriz de Contabilidad Social (Millones de Nuevos Soles).**

		Actividades						Factores		Impuestos	Hogar	Gobierno	Inversión		RM	Totales
		S01	S02	S03	S04	S05	S06	L	K				Priv.	Pub.		
Actividades	S01	8.770	46.909	189	0	0	5.169				16.504	2	5.932	2.330	46.132	131.938
	S02	9.488	44.986	2.225	9.403	1.043	63.047				81.395	343	10.300	4.045	59.695	285.970
	S03	2.083	5.531	3.511	125	263	5.278				8.669	0	0	0	54	25.512
	S04	3.796	6.569	893	5.734	463	17.200				21.886	0	0	0	8.241	64.782
	S05	127	543	58	410	3.347	9.722				12.121	31	534	210	1.844	28.947
	S06	8.494	30.391	2.301	6.406	5.376	82.981				213.427	79.049	69.094	27.139	12.360	537.018
Factores	LNC	37.153	17.655	1.054	15.212	630	77.369									149.072
	LC	9.345	13.974	1.737	7.614	3.504	107.810									143.985
	K	39.567	43.432	7.738	11.465	8.060	107.070									217.332
Impuestos	IM	245	928	42	257	25	420				742		569			3.228
	IGV	0	15.510	2.013	883	2.668	15.664				5.036					41.774
	Otros	276	4.244	964	2.004	635	3.272									11.394
	IL	663	1.318	192	509	209	9.842									12.732
	IK	3.622	2.815	1.682	1.348	876	12.666									23.010
	IH										11.777					11.777
Hogar								306.994	163.815			10.035				480.843
Gobierno									23.796	103.915						127.711
Inversión	Priv.										111.000					111.000
	Púb.											33.724				33.724
RM		8.311	51.165	914	3.413	1.848	19.507	-13.937	29.721		33.132		24.573			158.647
BNI											-34.847	4.526			30.321	0
Totales		131.938	285.970	25.512	64.782	28.947	537.018	293.057	217.332	103.915	480.843	127.711	111.000	33.724	158.647	

Actividades: S01: Agricultura y Minería, S02: Industria, S03: Electricidad, Gas y Agua, S04: Transporte, S05: Comunicación, S06: Resto de Servicios.

Factores: L: Trabajo, K: Capital.

Hogar: H1 a H5.

Inversión: Priv.: Privada, Pub.: Pública.

Impuestos: IM: aranceles y otros a las importaciones, IGV: al valor agregado, Otros: otros a los productos y a la producción, IL: al trabajo, IK: a la renta, IH: a la renta personas jurídicas.

RM: Resto del Mundo.

Fuente: Elaboración propia.

## Apéndice 2. Reducción del consumo de combustibles fósiles y costo de capital asociado a la modelización de introducción de generación de energía eléctrica renovable no convencional

### ARGENTINA

REDUCCION DEL USO DE RECURSOS

RENOVABLES 40% + Eficiencia Energetica

Año	Carbon	Petroleo	Gas
1	0%	99%	99%
2	0%	76%	98%
3	0%	57%	97%
4	0%	38%	97%
5	0%	19%	96%
6	0%	0%	95%
7	0%	0%	87%
8	0%	0%	81%
9	0%	0%	73%
10	0%	0%	65%

### CHILE

REDUCCION DEL USO DE RECURSOS

RENOVABLES 40% + Eficiencia Energetica

Año	Carbon	Petroleo	Gas
1	94%	100%	100%
2	89%	100%	100%
3	80%	100%	100%
4	72%	99%	99%
5	64%	99%	99%
6	56%	99%	99%
7	48%	99%	99%
8	40%	99%	99%
9	32%	99%	99%
10	24%	99%	99%

### JAMAICA

REDUCCION DEL USO DE RECURSOS

RENOVABLES 40% + Eficiencia Energetica

Año	Carbon	Petroleo	Gas
1	0%	96%	0%
2	0%	91%	0%
3	0%	86%	0%
4	0%	81%	0%
5	0%	76%	0%
6	0%	71%	0%
7	0%	67%	0%
8	0%	63%	0%
9	0%	59%	0%
10	0%	55%	0%

COSTO DE CAPITAL DE RENOVABLES (EN MILL DE USD)

RENOVABLES 40% + Eficiencia Energetica

Año	Acumulado	Inversión Anual
1	\$ 1,541.3	\$ 1,541.3
2	\$ 4,438.5	\$ 2,897.2
3	\$ 7,284.6	\$ 2,846.1
4	\$ 10,080.2	\$ 2,795.7
5	\$ 12,826.2	\$ 2,745.9
6	\$ 16,460.7	\$ 3,634.6
7	\$ 19,100.8	\$ 2,640.1
8	\$ 21,693.2	\$ 2,592.4
9	\$ 25,151.8	\$ 3,458.5
10	\$ 28,547.8	\$ 3,396.0

COSTO DE CAPITAL DE RENOVABLES (EN MILL DE USD)

RENOVABLES 40% + Eficiencia Energetica

Año	Acumulado	Inversión Anual
1	\$ 1,052.5	\$ 1,052.5
2	\$ 2,145.0	\$ 1,092.5
3	\$ 3,782.5	\$ 1,637.4
4	\$ 5,415.4	\$ 1,632.9
5	\$ 7,043.7	\$ 1,628.4
6	\$ 8,667.6	\$ 1,623.9
7	\$ 10,286.9	\$ 1,619.4
8	\$ 11,901.8	\$ 1,614.9
9	\$ 13,512.2	\$ 1,610.4
10	\$ 15,118.0	\$ 1,605.9

COSTO DE CAPITAL DE RENOVABLES (EN MILL DE USD)

RENOVABLES 40% + Eficiencia Energetica

Año	Acumulado	Inversión Anual
1	\$ 57.5	\$ 57.5
2	\$ 143.1	\$ 85.6
3	\$ 225.0	\$ 81.9
4	\$ 303.3	\$ 78.3
5	\$ 378.1	\$ 74.8
6	\$ 449.6	\$ 71.4
7	\$ 517.8	\$ 68.2
8	\$ 582.8	\$ 65.0
9	\$ 644.8	\$ 62.0
10	\$ 703.8	\$ 59.0

### BOLIVIA

REDUCCION DEL USO DE RECURSOS

RENOVABLES 40% + Eficiencia Energetica

Año	Carbon	Petroleo	Gas
1	0%	0%	102%
2	0%	0%	101%
3	0%	0%	99%
4	0%	0%	96%
5	0%	0%	94%
6	0%	0%	91%
7	0%	0%	88%
8	0%	0%	85%
9	0%	0%	80%
10	0%	0%	74%

### COSTA RICA

REDUCCION DEL USO DE RECURSOS

RENOVABLES 40% + Eficiencia Energetica

Año	Carbon	Petroleo	Gas
1	0%	0%	0%
2	0%	0%	0%
3	0%	0%	0%
4	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%
6	0%	0%	0%
7	0%	0%	0%
8	0%	0%	0%
9	0%	0%	0%
10	0%	0%	0%

### PERU

REDUCCION DEL USO DE RECURSOS

RENOVABLES 40% + Eficiencia Energetica

Año	Carbon	Petroleo	Gas
1	0%	0%	104%
2	0%	0%	102%
3	0%	0%	101%
4	0%	0%	100%
5	0%	0%	95%
6	0%	0%	90%
7	0%	0%	82%
8	0%	0%	74%
9	0%	0%	64%
10	0%	0%	54%