

DOCUMENTO DE INVESTIGACIÓN

DI-03-2016 | 2016

Inversión en infraestructura y crecimiento económico, relevancia de factores institucionales

Manfred Esquivel Monge
Kerry Loaiza Marín

Enero, 2016





Las ideas expresadas en estos documentos son de los autores y no necesariamente representan las del Banco Central de Costa Rica.

La serie Documentos de Investigación del Banco Central de Costa Rica en versión PDF se encuentra en <http://www.bccr.fi.cr>

Fotografía de portada: “Los presentes”, conjunto escultórico de nueve figuras en bronce, año 1983, del artista costarricense Fernando Calvo Sánchez. Colección del Banco Central de Costa Rica.

Inversión en infraestructura y crecimiento económico, relevancia de factores institucionales.

Manfred Esquivel Monge^a

Kerry Loaiza Marín^b

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo cuantificar el efecto que tiene la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico y determinar si tal efecto está condicionado por factores de índole institucional. Se estiman modelos dinámicos de panel con variables instrumentales mediante el método generalizado de momentos, en línea con lo expuesto por Calderón y Servén (2002) ampliando el panel de datos tanto en la dimensión temporal como de cortes transversales y controlando por factores institucionales. Los resultados están acorde a los de estudios previos en cuanto a la magnitud del efecto de la inversión en infraestructura sobre el crecimiento. Además se halla evidencia de que los factores institucionales inciden significativamente en el potencial efecto expansivo de la inversión en infraestructura. Finalmente se encuentra que los países de América Latina estarían limitando el potencial expansivo de su inversión en infraestructura al presentar indicadores de desempeño institucional desfavorables. Lo mismo estaría sucediendo con los países de ingreso medio y bajo.

Palabras clave: Infraestructura, crecimiento, instituciones, libertad económica, corrupción.

Clasificación JEL.: O43, O47

Abstract

The paper aims to quantify the effect of infrastructure investment on economic growth and to test if that effect is conditioned by factors of institutional nature. Dynamic panel data models with instrumental variables are estimated using generalized method of moments as in Calderón y Servén (2002) prolonging the data in both temporal and cross sectional dimensions while controlling for institutional factors. The results are in line with those reported by previous studies in terms of the magnitude of the effect of infrastructure investment on economic growth. Additionally, evidence suggests that bad institutions lessen the potential expansive effect of infrastructure investment. Finally, we find that Latin American countries would be restraining the expansive potential of their infrastructure investment by showing unfavorable institutional performance. The same would be happening with mid and low income countries.

Key words: Infrastructure, growth, institutions, economic freedom corruption.

JEL codes: O43, O47

^aDepartamento de Investigación Económica. esquivelmm@bccr.fi.cr

^bDepartamento de Investigación Económica. loizamk@bccr.fi.cr

Contenido

Contenido	4
1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Metodología de la investigación	5
3.1. Aproximación empírica.	7
3.2. Datos	9
3.3. Proceso de estimación.	12
4. Resultados de estimación	13
5. Ejercicios contra-factuales para el caso de Costa Rica.	20
5.1. Comparación de resultados con el estudio basado en MIP	21
5.2. Impacto a largo plazo de inversión en infraestructura	22
5.3. Impacto a largo plazo de inversión en infraestructura condicionando por factores institucionales	24
6. Conclusiones	25
7. Bibliografía	28
8. Anexos.	30

Inversión en infraestructura y crecimiento económico, relevancia de factores institucionales.

1. Introducción

El tema del impacto de la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico es de gran relevancia en un contexto en el que la recuperación económica mundial aún no se considera definitiva; las bajas tasas de interés nominales imprimen un panorama de facilidad para el financiamiento de inversión productiva en infraestructura y las cifras de desempleo se resisten a mejorar. En Costa Rica, gran parte del rezago en infraestructura que se ha documentado ampliamente¹ se le atribuye a razones de índole institucional. Si bien la literatura empírica respalda la existencia de una relación positiva entre la inversión en infraestructura y el crecimiento económico², resulta importante incluir en el análisis si ese impacto está condicionado por la calidad institucional de los países. Esta investigación tiene el objetivo de cuantificar el efecto que tiene la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico y evaluar si tal efecto está condicionado por factores de índole institucional.

Entendiendo inversión en infraestructura como el gasto dedicado a aumentar el acervo de elementos, dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país (puentes, carreteras, generadores de energía, equipamiento de telecomunicaciones, etc.), se espera, a un nivel teórico, que esta inversión tenga efectos expansivos sobre la capacidad productiva de una economía. Los canales por medio de los que este efecto se manifiesta pueden ser variados y de diversa índole. El primero y más evidente es el efecto directo generado por un aumento en la demanda agregada vía el gasto en inversión. En segundo término están los efectos multiplicadores indirectos, como el potencial aumento en productividad generado por la reducción de costos en las empresas, la mejora en el acceso a territorios productivos, el incremento en los niveles de salubridad y de educación de la población, la disminución de tiempos muertos en los procesos, entre otros.

La endogeneidad que se presenta al relacionar inversión en infraestructura y crecimiento económico se trata en este trabajo utilizando el Método Generalizado de Momentos para la estimación de un modelo dinámico con datos de panel haciendo uso de variables instrumentales. Las ecuaciones estimadas incluyen como variables explicativas diversas cuantificaciones de inversión en infraestructura, así como variables con las que se pretende captar la calidad institucional. Las distintas estimaciones a realizar buscan identificar el efecto de los diversos tipos de inversión en infraestructura, primordialmente la acumulación en capital fijo de infraestructura (carreteras, infraestructura eléctrica, telecomunicaciones, entre otros); sobre el crecimiento económico. Además, mediante el uso de variables indicadoras de calidad institucional se pretende someter a prueba la hipótesis de que el efecto de la inversión en infraestructura está condicionado por factores de índole institucional.

El documento está organizado de la siguiente forma: A continuación de esta sección introductoria, en la segunda sección se presenta un resumen de la literatura en la que se

¹ Ver Castro y Porras (2009); Jiménez, Céspedes y Arce (2006); Mesalles (2010), Mesalles y Celis (2011).

² Ver por ejemplo Aschauer (1989); Canning (1999); Calderón y Servén (2004).

trata el tema de la relación entre la inversión en infraestructura y el crecimiento económico. Posteriormente, en la tercera sección, se describen los detalles metodológicos de la investigación. Esto incluye la descripción del problema de endogeneidad y el tratamiento econométrico empleado para lidiar con él, los datos utilizados junto con sus transformaciones y el proceso de estimación empleado. Los resultados de las estimaciones se resumen en la cuarta sección. La quinta sección se dedica a ejercicios de índole contrafactual aplicados al caso de Costa Rica con los que se trata de dimensionar el orden de magnitud de las estimaciones obtenidas. Por último, la sexta sección ofrece las conclusiones más relevantes.

2. Antecedentes

El tema de la relación entre infraestructura y crecimiento ha recibido atención inconstante de parte de la academia y de otros sectores. La disminución del protagonismo del sector público en la provisión de infraestructura a nivel mundial, acaecida con mayor vigor en la década de los ochentas, y que resultó de una creciente presión por ajustar y consolidar las cuentas fiscales, generó una primer generación de literatura de la que el trabajo seminal del Aschauer (1989) es quizá el más citado. El autor concluye, en primer término, que el acervo de capital público no militar es más importante en la determinación de la productividad que el flujo de gasto no militar o el gasto militar. Además comprueba que el acervo de estructuras de capital (carreteras, alcantarillado y sistemas de provisión de agua potable) tiene mayor poder explicativo de la productividad que el acervo de otros equipos.

Desde una perspectiva teórica, Ferreira (1995) provee un modelo teórico microfundado que respalda una participación activa del gobierno en la provisión de infraestructura como complemento a la efectuada por un sector privado "adinerado". Tal provisión incrementa el retorno de las inversiones del sector privado y conduce a una expansión de la actividad empresarial doméstica por parte del sector privado más pobre. El modelo también respalda que la inversión del gobierno en sectores con elevadas externalidades positivas puede mejorar tanto la equidad como la eficiencia.

Las crisis de deuda latinoamericanas produjeron un rezago sustancial de estos países respecto a las economías emergentes del resto del mundo en términos de provisión de infraestructura pública. Este fenómeno impulsó una segunda generación de estudios sobre el impacto del gasto en infraestructura en la capacidad productiva de las economías con un énfasis especial en el caso de los países latinoamericanos. Calderón y Servén (2002), Calderón, Easterly y Servén (2003) y Calderón y Servén (2004) son algunos de los trabajos más relevantes. En el documento del 2002 los autores concluyen que la brecha en infraestructura de los países latinoamericanos explica una considerable fracción de la brecha en producción de estos países respecto a algunas economías emergentes del este asiático en las décadas del 80 y del 90. En el estudio de 2004 los autores extienden el alcance para analizar también el efecto de la infraestructura sobre la distribución de la riqueza. Encuentran que el crecimiento es influido positivamente por el acervo de activos de infraestructura y que la desigualdad disminuye tanto con la cantidad como con la calidad de la infraestructura. La aproximación metodológica en ambos estudios es similar. En el documento del 2004 utilizan un panel de 121 países para el periodo comprendido entre los años 1960 y 2000 y tratan posibles problemas econométricos aplicando técnicas de panel de datos dinámicos con variables instrumentales internas para generar estimadores GMM en diferencias según la propuesta de Arellano y Bond (1991), Arellano y Bover (1995) y Blundell y Bond (1998).

Más recientemente, Auerbach y Gorodnichenko (2012 y 2013) estudian el tamaño de los multiplicadores fiscales cuando las economías están en recesión. Mediante modelos de cambio de régimen documentan multiplicadores del gasto fiscal superiores en las recesiones que en los periodos de expansión. Con base en la metodología de estos autores, el FMI (2014) presenta un análisis sobre los efectos macroeconómicos de la inversión pública. El estudio concluye que aumentos en la inversión pública en infraestructura incrementan el producto tanto a corto como a largo plazo, especialmente si la economía muestra capacidad productiva ociosa y la eficiencia de la inversión es alta. Además se señala que en caso de cumplirse estas dos últimas condiciones y si además se identifican con claridad las necesidades de infraestructura, los proyectos financiados con deuda podrían tener efectos positivos significativos sobre el crecimiento económico sin afectar la relación deuda/PIB de los países.

La literatura empírica sobre el tema que trate específicamente el caso de Costa Rica es escasa. En el estudio de Celis (2007) se cuantifica el impacto de la inversión pública en infraestructura con base en información georeferenciada de la Encuesta nacional de ingresos y gastos y la aplicación de análisis de regresión y *propensity score matching*. El autor encuentra que el mayor y mejor acceso a los mercados de agua, electricidad y teléfono aumenta el número de horas trabajadas por hogar, estimula la reasignación de la fuerza de trabajo desde actividades agrícolas a actividades no agrícolas e incrementa el ingreso de los hogares.

Posteriormente se registran otros estudios con una menor orientación a la aplicación de métodos estadísticos, pero que documentan el estancamiento en el volumen de inversión en infraestructura, especialmente de carácter público, acaecida en los últimos 30 años en Costa Rica. Jiménez, Céspedes y Arce (2006) señalan que sin bien la desaceleración en el crecimiento económico que se dio a lo largo de la década de los 90 y primera mitad de los 2000 se debe mayoritariamente a factores externos, el deterioro de la inversión en infraestructura puede considerarse entre los principales causantes internos. Además señalan que esa desaceleración coincide con el estancamiento en la reducción de la pobreza en el país. De acuerdo con los autores, entre 1984 y 1991 Costa Rica logró disminuir significativa y consistentemente los indicadores de pobreza. Sin embargo tal reducción se detuvo a partir de 1992 y desde entonces los niveles se mantuvieron alrededor del 25% hasta mitad de la década del 2000.

Por otra parte, en Castro y Porras (2009) se documenta el deterioro en la calidad y cobertura de la infraestructura en Costa Rica ocurrida desde la década del 80. Los autores argumentan que tal deterioro obedece fundamentalmente al estancamiento de la inversión pública que resultó de las fuertes restricciones presupuestarias heredadas de las crisis de deuda de esa década. Esto se constata en el Cuadro 1 que presenta la proporción (en promedio por década) del acervo de capital a PIB para Costa Rica. Por su parte, Mesalles (2010) pone énfasis en el déficit de inversión en infraestructura de transportes. El autor señala que entre los años 2000 y 2007 la inversión pública en infraestructura para transportes fue inferior al 1% del PIB en cada año mientras que, para el mismo periodo, países con similar nivel de desarrollo invirtieron en promedio más del 2% del PIB.

Si bien no ofrecen un respaldo empírico robusto, Mesalles y Celis (2011) señalan que además de reducir la pobreza, la inversión en infraestructura reduce la desigualdad de ingresos. Los mismos autores indican que el incremento en la productividad que genera la inversión en infraestructura se da mediante la reducción en los costos de las empresas, el

Cuadro 1.
Proporción promedio del acervo de capital a PIB para Costa Rica. 1960-2013.

1960-1969	18
1970-1979	23
1980-1989	20
1990-1999	19
2000-2013	20

Fuente: Elaboración propia.

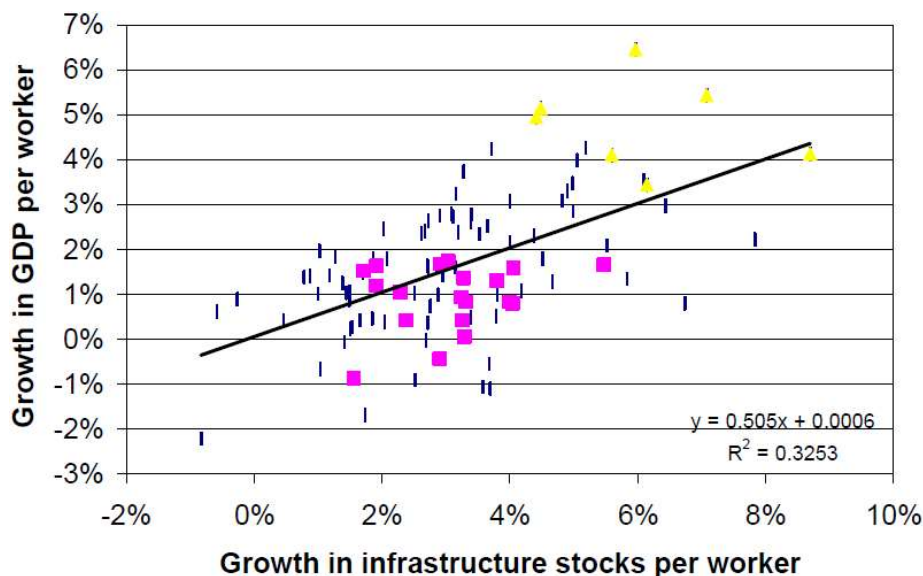
aumento en la productividad de los factores, el acceso a territorios y del bienestar general de la población.

Vale la pena señalar que a pesar de este recuento de estudios que documentan el estancamiento de la inversión en infraestructura en Costa Rica a partir de los años 80, estudios como el de Calderón y Servén (2004) ubican al país entre los líderes de la región latinoamericana en el periodo 1996-2000 según una serie de métricas de infraestructura.

Podría argumentarse que Calderón y Servén (2002) y Calderón y Servén (2004) proveen el respaldo empírico a las argumentaciones de Jiménez, Céspedes y Arce (2006) y de Mesalles y Celis (2011). Sin embargo existe un tema que aquellos autores no tratan y que puede constituir una valiosa extensión de sus resultados. El Gráfico 1 es extraído de Calderón y Servén (2002). Este muestra una tosca medida de la asociación entre el acervo de infraestructura y el crecimiento económico. Para cada país de la muestra analizada se incluye el par ordenado de crecimiento en la infraestructura por trabajador y crecimiento en el producto por trabajador (promedio del periodo 1960-1997 en ambos casos). Se han resaltado los países latinoamericanos con cuadros fucsia y una selección de países del este asiático con triángulos amarillos. La figura además incluye una línea de ajuste de regresión lineal a esos datos. Si bien hay una serie de problemas que el simple ajuste de mínimos cuadrados ordinarios podría enfrentar, lo que interesa señalar acá es que la mayoría de países latinoamericanos se encuentran por debajo de la línea de regresión. Es decir, que típicamente muestran promedios de crecimiento en el producto por trabajador que son inferiores a los de países con similar crecimiento del acervo de infraestructura por trabajador. Mientras que los países del este asiático muestran niveles de crecimiento por trabajador superiores a los del promedio señalado por la línea de regresión.

Una de las hipótesis de esta investigación es que tal diferencia puede deberse a factores institucionales (fragilidad política, facilidad para hacer negocios, libertad económica, percepción de corrupción, etc.) que condicionan la efectividad del gasto en infraestructura. Es decir, que además del rezago en la cantidad de infraestructura experimentado por las economías latinoamericanas, existen factores que limitan la efectividad de la escasa inversión en términos de potenciar más crecimiento económico. De ser este el caso, debe anotarse además que al medirse en el eje vertical el crecimiento promedio del producto por trabajador a lo largo de un periodo de 37 años, el posible condicionamiento de la infraestructura ejercido por los factores institucionales aminora la capacidad de crecimiento de largo plazo de las economías, es decir, termina por determinar su capacidad de crecimiento potencial.

Gráfico 1.
Crecimiento del acervo de infraestructura y de producto por trabajador. Promedios para el periodo 1960-1997.



Fuente: Calderón y Servén (2002).

La investigación por tanto pretende no solo constituir una prueba de robustez al paso del tiempo de los resultados de Calderón y Servén (2002 y 2004) mediante la actualización del periodo de análisis³, sino además extender ese estudio explorando la existencia de factores institucionales que condicionan la efectividad de la inversión en infraestructura. Como se anotará más adelante, para esto se controló en las estimaciones por factores de índole institucional.

3. Metodología de la investigación

La investigación se basa en el enfoque utilizado por Calderón y Servén (2002 y 2004) que parte de una función de producción tipo Cobb-Douglas linealizada y aumentada con capital de infraestructura como la siguiente:

$$y = \alpha k + \beta h + (1 - \alpha - \beta - \gamma)l + \gamma z + u \quad (1)$$

Donde y es el valor del producto agregado, k es el acervo de capital físico que no es de infraestructura, h es capital humano, l denota cantidad de trabajo, y z es una medida de capital de infraestructura y, como es usual, u representa la parte del producto no explicada

³ Por ejemplo, considere que según los datos de Calderón y Servén (2004), que incluyen datos hasta el año 2000, Costa Rica era el país líder en Latinoamérica en el indicador de infraestructura que los autores utilizan. Desde entonces se ha presentado una dinámica importante en los indicadores de infraestructura. De modo que extender el periodo permite aprovechar esta variabilidad en las series para robustecer resultados.

por factores de producción. Todas las variables son expresadas en logaritmos y se asume retornos constantes de escala.

La idea fundamental es que el parámetro γ en (1) capte la elasticidad del producto respecto a la infraestructura para valores dados de los otros insumos. Sin embargo, la información de cuentas nacionales de la que usualmente se dispone agrega infraestructura y capital físico que no es de infraestructura en el dato de formación bruta de capital fijo. Así el capital en infraestructura aparece doblemente contabilizado en la ecuación (1), como parte de k y separadamente como z . Por ello, el parámetro γ captura la extensión sobre la cual la productividad de la infraestructura excede (si $\gamma > 0$) o no (si $\gamma < 0$) la productividad del capital que no es de infraestructura (Canning, 1999).

La identificación de la contribución de la infraestructura de capital al producto requiere utilizar la noción de que la medida del acervo de capital es una suma ponderada de la infraestructura y otros activos físicos con pesos dados por los respectivos precios relativos. Así, al denotar \tilde{k} como el capital físico que no es de infraestructura, se tiene:

$$k \approx \frac{\tilde{K}}{\tilde{K} + p_z Z} \tilde{k} + \frac{p_z Z}{\tilde{K} + p_z Z} z \quad (2)$$

Donde las letras mayúsculas denotan los valores en niveles; p_z es el precio relativo del capital de infraestructura en términos del capital que no es de infraestructura. Además, bajo el supuesto de que los activos de infraestructura son una pequeña fracción del total del acervo de capital, se supone que su precio es aproximadamente igual al de todo el capital.

Al combinar (1) y (2), la elasticidad del producto respecto a la infraestructura puede ser expresada como:

$$\frac{\partial y}{\partial z} = \gamma + \theta \alpha \equiv \eta_z \quad (3)$$

Donde

$$\theta \equiv \frac{p_z Z}{\tilde{K} + p_z Z} \quad (4)$$

En (4), θ es la fracción de la infraestructura en el acervo total de capital físico. Estas expresiones involucran aproximaciones log-lineales alrededor de un punto arbitrario (por ejemplo, la media muestral), y por ello θ debe ser evaluada de forma acorde. En la práctica, como el acervo de infraestructura típicamente es una proporción pequeña del total del acervo de capital, la diferencia entre η_z y la estimación ingenua de γ debería ser muy pequeña.

Adicional a lo anterior, es importante observar que (3) solo captura el impacto directo de la infraestructura sobre el producto, lo que deja de lado el posible impacto indirecto que ocurre a través de los efectos de la infraestructura sobre la acumulación de otros insumos productivos, principalmente el capital que no es de infraestructura. En la medida que ambos tipos de capital sean complementos brutos en la producción, un incremento en el capital de infraestructura aumenta la productividad del capital que no es de infraestructura y,

manteniendo lo demás constante, debería llevar a un aumento de \tilde{K} . Al ignorar este efecto indirecto, se está subestimando la contribución de la infraestructura al producto en el largo plazo (Calderón y Servén, 2002).

3.1. Aproximación empírica.

Para propósitos de estimación, la ecuación (1) se reescribe en términos “por trabajador” tomando la diferencia logarítmica de cada componente respecto a la fuerza laboral. Además, según se describirá adelante, para la estimación de los parámetros de interés se utiliza una estructura de datos de panel, de esta forma las especificaciones base para la estimación tienen la siguiente forma general:

$$y_{it} - l_{it} = a_i + b_t + \alpha(k_{it} - l_{it}) + \beta(h_{it} - l_{it}) + \gamma(z_{it} - l_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Donde el subíndice i denota países y t años; los términos a_i , b_t capturan los factores de productividad específicos por país y específicos en el tiempo; y ε_{it} es la perturbación aleatoria que se supone no correlacionada entre países ni a lo largo del tiempo.

La metodología utilizada sigue a Calderón y Servén (2002 y 2004). Estos autores utilizan datos anuales de 121 países entre 1960-2000. En la presente investigación se utilizan datos para una muestra más amplia de países y extendida hasta el año 2014. Además se añadieron variables para controlar por la calidad institucional de las economías a lo largo del tiempo.

Por lo anterior, la forma general de las ecuaciones estimadas es siguiente:

$$y_{it} - l_{it} = a_i + b_t + \alpha(k_{it} - l_{it}) + \beta(h_{it} - l_{it}) + \gamma(z_{it} - l_{it}) + \rho d_{it} + \rho_2[d_{it}(z_{it} - l_{it})] + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Donde la variable adicional (d_{it}) representa factores institucionales que varían por país y a lo largo del tiempo.

La utilización de una estructura de datos de panel de países para estimar ecuaciones como (6) genera algunas dificultades econométricas. Considere un modelo de panel dinámico como el siguiente:

$$y_{it} - y_{it-1} = A_i + B_t + \delta y_{it-1} + G_{it}\alpha + Z_{it}\gamma + \rho d_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Donde y_{it} es el logaritmo del producto per cápita, G_{it} es una matriz que contiene determinantes estándar de crecimiento (k, h, l); Z_{it} es una matriz de variables que cuantifican la infraestructura; A_i y B_t son matrices de factores no observables fijos a lo largo del tiempo y de los países respectivamente; d_{it} son los factores institucionales; y ε_{it} es un término de perturbación estocástico variable a lo largo de los países y del tiempo. Finalmente α, δ, γ y ρ son vectores de coeficientes.

Por simplicidad puede concatenarse por filas las matrices G_{it} y Z_{it} y el vector d_{it} para definir $X_{it} = [G_{it} Z_{it} d_{it}]$. Con esto la expresión (7) puede escribirse como:

$$y_{it} - y_{it-1} = A_i + B_t + \delta y_{it-1} + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

El problema más evidente que puede presentar la estimación de (8) mediante mínimos cuadrados ordinarios es la endogeneidad de las variables explicativas. En particular nótese que los componentes de la matriz X_{it} son conjuntamente determinados con la producción. Además la variable explicativa que induce dinámica en la ecuación (y_{it-1}), también es endógena si efectivamente existen factores no observables fijos en el tiempo. Normalmente la utilización de variables instrumentales relevantes y exógenas solucionaría esta complicación. Sin embargo, al no ser fácilmente identificables suficientes variables instrumentales estrictamente exógenas, es posible apoyarse en rezagos de las respectivas explicativas en línea con lo que Arellano y Bond (1991) llaman *instrumentos internos*.

Ahora bien, si efectivamente existen factores no observables fijos en el tiempo, es posible que $E[X_{it-s}, A_i] \neq 0$, con lo cual retardos de las explicativas no serían instrumentos válidos. Note que esta complicación se supera tomando la primera diferencia de (8) en tanto esto elimina los factores fijos en el tiempo. La ecuación resultante sería la siguiente:

$$(y_{it} - y_{it-1}) = B_t - B_{t-1} + (\delta + 1)(y_{it-1} - y_{it-2}) + (X_{it} - X_{it-1})\beta + \varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1} \quad (9)$$

Según Arellano y Bond (1991), si la perturbación estocástica ε_{it} no está autocorrelacionada y las variables explicativas en X_{it} son débilmente exógenas⁴, valores rezagados de las variables endógenas proveen instrumentos válidos. En otras palabras, en términos de condiciones de momentos los siguientes supuestos definen estimadores GMM en diferencias:

- i. $E[y_{it-s}(\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1})] = 0$ para $s \geq 2$ y $t = 3, 4, \dots T$
- ii. $E[X_{it-s}(\varepsilon_{it} - \varepsilon_{it-1})] = 0$ para $s \geq 2$ y $t = 3, 4, \dots T$

Blundell y Bond (1998) señalan que cuando las variables explicativas de la regresión en diferencias (9) exhiben persistencia, los rezagos de las variables endógenas pueden ser instrumentos débiles⁵, con lo cual la variancia de los estimadores se incrementa e incluso estos pueden presentar grandes sesgos asintóticos⁶. Esta complicación es tratada en Calderón y Servén (2002 y 2004) mediante la estimación de un sistema que combina las regresiones en diferencia y en niveles según lo expuesto por Arellano y Bover (1995) y por Blundell y Bond (1998).

Al estimar el sistema los instrumentos de la regresión en diferencia son, según se indicó anteriormente, los rezagos de las variables endógenas. Mientras que los instrumentos de la regresión en niveles son los rezagos de las diferencias de las variables endógenas correspondientes. Bajo el supuesto adicional de que no hay correlación entre las diferencias de esas variables y los efectos inobservables fijos en el tiempo, aquellos instrumentos son

⁴ En este contexto la exogeneidad débil de las variables en X_{it} implica que sus valores en t no están correlacionados con realizaciones futuras de la perturbación estocástica.

⁵ En el contexto de la estimación con variables instrumentales un instrumento débil si bien es exógeno, no es muy relevante. Esto es, carece de suficiente correlación con la variable endógena de la que pretende ser instrumento.

⁶ Ver Wooldridge (2002).

apropiados. Este supuesto conduce a las siguientes condiciones de momentos para la estimación vía GMM de las regresiones en niveles:

- iii. $E[(y_{it-1} - y_{it-2})(A_i + \varepsilon_{it})] = 0$
- iv. $E[(X_{it-1} - X_{it-2})(A_i + \varepsilon_{it})] = 0$

Con base en las condiciones de momentos i, ii, iii y iv puede emplearse el método generalizado de momentos para obtener estimaciones consistentes de los parámetros relevantes y de su matriz de variancias y covariancias asintótica. Si se define Y como el vector de parámetros relevantes, esto es $Y = [\alpha \beta \rho]'$, su estimador y la respectiva matriz Var-Cov asintótica estarían dadas por:

$$\hat{Y} = (\bar{X}'W\hat{\Omega}^{-1}W'\bar{X})^{-1}\bar{X}'W\hat{\Omega}^{-1}W'\bar{y}$$

$$AsyVar(\hat{Y}) = (\bar{X}'W\hat{\Omega}^{-1}W'\bar{X})^{-1} \quad (10)$$

Donde: \bar{y} es la variable dependiente apilada primero en diferencias y luego en niveles; \bar{X} es la matriz de variables explicativas ($y_{it-1} X_{it} d_{it}$) que en este planteamiento está apilada primero en diferencias y luego en niveles; W es la matriz de instrumentos derivada de las condiciones de momentos y $\hat{\Omega}$ es un estimador consistente de la matriz Var-Cov de las condiciones de momentos.

Finalmente, restaría someter a prueba la validez de las condiciones de momentos pues de esto depende la consistencia de los estimadores GMM. Para esto Arellano y Bond (1991) proponen una prueba de restricciones sobre-identificadas en línea con Sargan (1958) y Hansen (1982) en el que bajo H_0 las condiciones de momentos son válidas. Otra prueba aplicable es la propuesta por Arellano y Bover (1995). En esta se examina la hipótesis nula (H_0) de que los errores ε_{it} no están serialmente correlacionados. En línea con Sargan (1958), la falta de evidencia para rechazar H_0 constituiría evidencia en favor de la estimación GMM. Note que en la estimación que se propone se sometería a prueba si los residuos de la regresión en diferencias muestran correlación serial de segundo orden⁷. Si se rechazara aquella hipótesis nula, los instrumentos no serían válidos y debería probarse con rezagos de orden mayor como instrumentos.

3.2. Datos

Los datos fueron obtenidos en su mayoría del Banco Mundial⁸. Solamente los correspondientes al Índice de Percepción de la Corrupción⁹, el Índice de Libertad Económica¹⁰ y el índice de facilidad de apertura de negocio¹¹, que son las variables que se

⁷ A menos que el error de la ecuación en niveles sea una caminata aleatoria, es esperable que el error de la regresión en diferencia presente correlación serial de primer orden aun cuando el error en niveles no esté autocorrelacionado. Mientras que si el error de la regresión en diferencias muestra correlación de 2do orden se tendrá que el error original tiene autocorrelación serial y sigue un proceso MA al menos de orden uno.

⁸ <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&Topic=3>

⁹ <http://www.transparency.org/research/cpi/overview>

¹⁰ <http://www.freetheworld.com/release.html>

¹¹ <http://www.doingbusiness.org/data>

utilizaron como indicadores de factores institucionales, fueron obtenidos de otras fuentes. Por su parte, los datos de la fuerza laboral se obtuvieron del Banco Mundial para el periodo de 1990 a 2014, por lo que fue necesario interpolarlos linealmente con aquellos de la base de datos de Summer-Heston (disponible desde 1960 a 2007), lo que permitió tener la serie completa desde 1960¹².

Se amplía la base de información utilizada por Calderón y Servén (2002 y 2004). Como se mencionó, estos autores utilizan un panel de 121 países con información anual desde 1960 hasta 2000. En este trabajo se abarca hasta el año 2014 y la cantidad de países se aumenta a 213.

A continuación se describe en detalle las variables que se utilizaron en las estimaciones:

- Producto interno bruto (PIB) a precios constantes en dólares estadounidenses del 2005.
- Formación bruta de capital fijo a precios constantes en dólares estadounidenses del 2005: formalmente es la inversión bruta fija doméstica que incluye mejoramientos a la tierra (vallas, fosos y desagües); compras de planta, maquinaria y equipo; y la construcción de carreteras, líneas de tren, entre otros. Se obtuvo dicha variable como porcentaje del PIB, por lo que se multiplicó por este último para computar su valor en dólares.
- Formación bruta de capital fijo del sector público como porcentaje del PIB: para su construcción se obtuvo información sobre la formación bruta de capital fijo del sector privado como porcentaje del PIB y, por diferencia, se construyó el correspondiente al sector público y luego se multiplicó por el monto respectivo del PIB en dólares a precios constantes de 2005.
- Fuerza laboral total: comprende la población de 15 años o mayor que cumple con la definición de población económicamente activa de la Organización Mundial del Trabajo.
- Consumo total de generación de energía eléctrica en kilowatts-hora: mide la producción de plantas de energía y la combinación de plantas de calor y energía menos las pérdidas de transmisión, distribución y transformación y uso propio de las plantas de energía y calor. Se obtuvo esta información en términos per cápita, por lo que fue necesario multiplicarla por la población total. Esta variable se utiliza como proxy de la infraestructura eléctrica.
- Total de kilómetros de ruta de línea de tren: es el tamaño (en km) de las rutas de tren habilitadas sin considerar el número de caminos paralelos¹³.

¹² La interpolación lineal se llevó a cabo de la siguiente forma: se tomó el dato correspondiente a 1990 de ambas bases de datos y se calculó la diferencia del dato del Banco Mundial con el dato de Summers y Heston, para cada país; esa diferencia (positiva o negativa) se sumó a los datos de Summers y Heston anteriores a 1990 y se incluyeron en la serie de tiempo por utilizar.

¹³ Se intentó utilizar información del total de kilómetros de ruta de carretera e indicadores de densidad de carreteras. Sin embargo disponer de esta información está sujeto al pago de derechos de adquisición de la

- Población total: su logaritmo es utilizado como variable instrumental en las estimaciones.
- Índice de Libertad Económica: es el promedio simple de cinco grandes áreas. En total, el índice incluye 42 variables distintas. Cada componente o subcomponente se califica en una escala del 0 al 10 en función de la distribución de los datos subyacentes. En esa escala de medición 0 es la peor calificación y 10 la mejor en términos de la libertad económica. Las puntuaciones de los subcomponentes se promedian para determinar las de cada componente y éstas, a su vez, para obtener las calificaciones de cada una de las cinco áreas, cuyo promedio determina, finalmente, la calificación global del país. Las cinco áreas principales son las siguientes:
 - Tamaño del estado.
 - Sistema judicial y derechos de propiedad.
 - Solidez monetaria.
 - Libertad de comercio internacional.
 - Regulación económica.

La forma y componentes con que se mide el Índice de Libertad Económica cuantifican el concepto de “libertad económica” entendido como aquella situación donde *la propiedad de los individuos se puede adquirir sin el uso de la fuerza, fraude o robo, esta es protegida de la invasión física de parte de otros y los individuos son libres de usarla, intercambiarla o regalarla siempre y cuando sus acciones no violen esos mismos derechos de otros individuos* [Gwartney y Lawson. (1996)]. Según esta definición, el índice de libertad económica cuantifica qué tanto la propiedad correctamente adquirida es protegida y qué tanto los individuos se involucran en transacciones de forma voluntaria.

- Índice de percepción de la corrupción: mide la percepción de los negocios acerca de la corrupción del gobierno del país en donde operan. Es un índice agregado en escala de 0 a 10; donde 0 significa total corrupción y 10 significa ausencia de corrupción. En las estimaciones, tanto el índice de percepción de la corrupción como el de libertad económica constituyen la base para calcular d_{it} en la expresión (6).
- Índice de facilidad de apertura de negocio: Corresponde al llamado “Starting a Business Index” que es uno de los componentes que conforman el índice “Doing Business”. Es calculado por el proyecto Doing Business del World Bank Group. Para su construcción se registran los procedimientos oficialmente requeridos, o comúnmente realizados en la práctica, para un emprendedor para iniciar y operar formalmente un negocio industrial o comercial, así como el tiempo y el costo para completar estos procedimientos y el pago del capital mínimo requerido. Estos procedimientos incluyen la obtención de todas las licencias y permisos necesarios y completar cualquier notificación requerida, verificaciones o inscripciones para la compañía y los empleados con las autoridades relevantes. El índice por país es determinado por la distancia entre los datos respectivos del país y la frontera de mejores prácticas, la cual viene formada por las mejores prácticas en cada uno de los

base de datos *World Road Statistics* de *International Road Federation* (IRF) y no se dispuso de contenido presupuestario para accederla.

rubros respectivos evaluados. En otras palabras las calificaciones son el promedio simple de la distancia a las calificaciones que dan cabida a la frontera. Así, la distancia de una economía a la frontera está indicada en una escala de 0 a 100, donde 0 representa el peor desempeño y 100 la frontera.

- Infraestructura en telecomunicaciones: es el agregado del número de suscripciones de telefonía fija y de telefonía celular que se encuentran activas.
- Porcentaje bruto de matrícula en educación secundaria: es la razón del total de matrícula, sin importar la edad, respecto a la población del grupo de edad que oficialmente corresponde a ese nivel de educación.
- Población de 15 a 65 años y población de 0 a 14 años: junto con el porcentaje bruto de matrícula en educación secundaria son utilizadas para el cálculo de la inversión en capital humano.
- Capital humano: es la multiplicación del porcentaje bruto de matrícula en educación secundaria, por la población de 15 a 65 años entre la población de 0 a 14 años. Esta medida es desarrollada por Mankiw, Romer y Weil (1992) y citada por Klenow y Rodríguez (1997).

3.3. Proceso de estimación.

A partir de una estructura de datos de panel se obtienen estimadores GMM en primeras diferencias utilizando como instrumentos el valor actual y tres rezagos del logaritmo de la población total, más los segundos rezagos de las variables explicativas. Se usa la estimación robusta mediante dos etapas para lidiar con los problemas de heterocedasticidad que son usuales en este tipo de modelos y que tienden a resultar en subestimaciones de los errores estándar de los coeficientes. El proceso de estimación en dos etapas estima la matriz de covarianzas de las condiciones de momentos usando los residuos de la primera etapa. Adicionalmente, se realizaron pruebas de correlación serial de los residuos. En estas no se logró rechazar la hipótesis de ausencia de autocorrelación para uno y dos rezagos. Igualmente las pruebas de Sargan (1958) presentaron evidencia en contra de los instrumentos usados para las estimaciones de una etapa, no así para las estimaciones de dos etapas. Esto constituye evidencia en favor de la estimación de dos etapas.

Por otro lado, se crearon variables dicotómicas del Índice de corrupción, del Índice de libertad económica y del Índice de facilidad de apertura de un negocio. Esto con el fin de corroborar si existe evidencia de que esos factores condicionan el impacto que tiene la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico. Las variables dicotómicas se construyeron dividiendo la muestra en dos partes de igual tamaño. Esto es, estableciendo el umbral para la división en la mediana de sus respectivas distribuciones. El cálculo de la mediana respectiva toma en consideración todos los años y países del estudio. Se asigna un uno a aquellos países que poseen un valor igual o mayor a la mediana y un cero para aquellos con un valor menor. Esto permite que esta variable dicotómica cambie entre países y entre años. En vista de que los índices de libertad económica, de percepción de corrupción y de facilidad para hacer negocios son tales que aumentan su valor conforme "mejora" el desempeño de los países, se espera un coeficiente positivo y significativo asociado a esas variables dicotómicas. Estas variables indicadoras se agregan de forma

aditiva y multiplicativa para permitir tanto un intercepto como una pendiente distinta asociada a la infraestructura.

La elección de la mediana como umbral para la creación de las variables dicotómicas podría considerarse arbitraria. Sin embargo debe apuntarse que además se probaron las estimaciones con dicotómicas construidas con umbrales en los percentiles 25 y 75. Los resultados fueron muy similares en todos los casos.

Cabe destacar que, con excepción de la inversión en capital humano, el Índice de libertad económica, el de percepción de corrupción y el de facilidad para abrir un negocio, todas las variables se expresaron en diferencia logarítmica respecto a la fuerza laboral.

4. Resultados de estimación

Dada la disponibilidad de datos y el objetivo de separar el efecto de la inversión en infraestructura controlando por factores de índole institucional, se utilizaron diversas especificaciones bajo el marco de estimación descrito en la sección anterior. Los principales resultados de estas especificaciones se muestran en el **Error! Reference source not found.** y el **Error! Reference source not found.**

El **Error! Reference source not found.** muestra resultados de especificaciones utilizando las versiones dicotómicas de percepción de corrupción y libertad económica. En general el orden de magnitud de los coeficientes es congruente con los resultados reportados por Calderón y Servén (2002) para el caso de las variables medidas de forma similar. Entre los resultados más relevantes debe destacarse que la inversión en capital de infraestructura por trabajador impacta el crecimiento económico con un coeficiente estadísticamente significativo de entre 0,23 y 0,29. En términos prácticos, según la forma en que están medidas las variables y teniendo en cuenta que la estimación es en primeras diferencias, tales magnitudes implican que, dados los demás factores, se espera que un incremento de 1 punto porcentual (p.p.) en el crecimiento del capital de infraestructura por trabajador se asocie con un cambio en la misma dirección de entre 0,23 y 0,29 p.p. del crecimiento del PIB por trabajador. En Calderón y Servén (2002) este impacto se estimó en alrededor de 0,36 p.p. Cabe destacar que en la especificación 2, donde se incluye inversión en capital de infraestructura solo del sector público, la magnitud estimada del coeficiente se reduce a 0,12. Sin embargo, debido a limitaciones en la extensión de las series que posibilitan hacer esta separación, no fue posible controlar en ese contexto por los factores institucionales.

Otro de los resultados relevantes, y que constituye un aporte novedoso a los resultados empíricos hallados en la literatura consultada, es el impacto que los factores institucionales tienen no solo sobre el nivel de crecimiento sino sobre la efectividad de la inversión en infraestructura para generar crecimiento. Las especificaciones 3 a 8 contienen resultados que permiten analizar estos impactos. Se controló con los indicadores de libertad económica y percepción de corrupción en su nivel original de forma separada (especificaciones 3 y 4) y de forma conjunta (especificación 7). Por otro lado, las especificaciones 5 y 6 corresponden, respectivamente, al control realizado con las versiones dicotómicas de libertad económica y percepción corrupción de forma separada. Finalmente, en la especificación 8 se controla por la versión dicotómica de estas explicativas de forma conjunta. Se comentará sobre los resultados de las especificaciones 7 y 8 del **Error! Reference source not found.** que muestran las estimaciones que controlan

Cuadro 2.
Estimaciones GMM en primeras diferencias. Variable dependiente: Log del PIB por trabajador

	Especificaciones alternativas*								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Capital infraestructura	0.2948 (0,000)		0.2891 (0,000)	0.2362 (0,000)	0.2819 (0,000)	0.2436 (0,000)	0.233 (0,000)	0.2346 (0,000)	
Capital infraestructura sector público		0.1221 (0,000)							
Telecomunicaciones	0.0508 (0,004)	0.0478 (0,014)	0.0545 (0,008)	0.0352 (0,034)	0.0595 (0,001)	0.0372 (0,017)	0.0403 (0,042)	0.0463 (0,004)	
Generación eléctrica	0.2118 (0,000)	0.2149 (0,001)	0.1155 (0,054)	0.2199 (0,005)	0.1147 (0,039)	0.2024 (0,003)	0.2035 (0,003)	0.1937 (0,005)	
Líneas de tren	0.0907 (0,044)	0.2039 (0,001)	-0.0053 (0,824)	-0.0154 (0,364)	0.0021 (0,932)	-0.0135 (0,457)	-0.0132 (0,498)	-0.013 (0,420)	
Capital humano	0.0008 (0,000)	0.0017 (0,000)	0.0009 (0,005)	0.0007 (0,013)	0.0008 (0,003)	0.0007 (0,007)	0.0007 (0,016)	0.0006 (0,022)	
Percepción corrupción			0.0121 (0,033)				0.0152 (0,087)		
Libertad económica (t-2)				0.0406 (0,008)			0.0311 (0,044)		
Dummy (percepción corrupción) * capital infraestructura					0.0039 (0,002)			0.0036 (0,005)	
Dummy libertad económica(t-2)]* capital infraestructura						0.0033 (0,002)		0.0031 (0,072)	
Prueba de Wald de significancia conjunta (valor P)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Test de autocorrelación (valor p)	Primer orden	0.36	0.09	0.00	0.04	0.04	0.05	0.04	0.61
	Segundo orden	0.40	0.49	0.18	0.56	0.15	0.64	0.45	0.43
Prueba de Sargan de restricciones sobre i identificadas (valor P)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
No. Observaciones	1565	640	780	498	780	496	495	493	
No. Países	96	53	82	67	82	67	67	67	

* Valores P robustos (Huber y White) entre paréntesis.

Fuente: Elaboración propia

de forma conjunta con indicadores de libertad económica y percepción de corrupción. Las versiones por separado muestran resultados en el mismo orden de magnitud.

Según los resultados de la especificación 7, un país que mejore su percepción de corrupción en un punto (de la escala de 1 a 10 con que se mide este indicador) se espera que presente, en promedio y durante el mismo periodo, un crecimiento del PIB por trabajador 1,5 p.p. mayor. De igual forma, una mejora en el índice de libertad económica equivalente a un punto en la calificación con que se mide este indicador se espera que se asocie con un crecimiento del PIB por trabajador 3,1 p.p. más elevado dos periodos en el futuro. Valga destacar que ambos coeficientes son estadísticamente distintos de cero a un 9% y un 5% de significancia respectivamente.

La versión dicotómica de la percepción de corrupción y de libertad económica permite evaluar si estos factores inciden en la efectividad de la inversión en infraestructura para generar crecimiento. El coeficiente asociado a la interacción entre la dicotómica indicadora de percepción de corrupción e inversión en infraestructura es 0,0036. Este coeficiente es una pendiente diferencial e implica que mientras en los países con peor percepción de corrupción (aquellos ubicados por debajo de la mediana de la distribución) cada punto porcentual adicional de crecimiento del acervo de infraestructura genera 0,23 p.p. más de crecimiento, en aquellos con mejor percepción de corrupción el efecto es de casi 0,24 p.p.

Puesto que el coeficiente asociado a la interacción entre la dicotómica indicadora de libertad económica e inversión en infraestructura es 0,0031, se colige que los factores con que se construye el índice de libertad económica condicionan en una magnitud similar a de la percepción de corrupción la efectividad de la inversión en infraestructura sobre el crecimiento, con la salvedad de que el efecto se da luego de dos años. Ambas pendientes diferenciales son estadísticamente distintas de cero al 1% y 7% respectivamente.

Vale la pena señalar que, a diferencia de la variable indicadora de percepción de corrupción, cuyos efectos se manifiestan estadísticamente de forma contemporánea, el efecto de la indicadora de libertad económica genera mejor ajuste estadístico cuando se incluye con dos periodos de rezago. Esto es así tanto para la versión en niveles como la dicotómica que interactúa con acervo de infraestructura. Se podría conjeturar que el rezago en el efecto de la variable indicadora de libertad económica que no se da en la de percepción de corrupción se puede atribuir a que este último indicador se calcula con base en opiniones del sector empresarial mientras el primero se basa en indicadores prácticos de mejoras en el marco institucional que a la larga propician mejoras en transacciones y en la toma de decisiones. Estas mejoras institucionales pueden tomar tiempo en manifestarse en términos de crecimiento, mientras que las opiniones del empresariado respecto a corrupción podrían manifestarse de forma más inmediata.

El efecto significativo que tiene el índice de libertad económica podría explicarse al analizar qué componentes intervienen en el cálculo de este indicador. Entre estos factores se encuentran la calidad del sistema judicial y la posibilidad que ejercer derechos de propiedad de forma eficiente, acertada política monetaria, libertad de comercio internacional y adecuadas regulaciones económicas. Todos estos componentes, en caso de estar correctamente alineados, tienen el potencial de generar efectos multiplicadores sobre el crecimiento económico.

Entre los tres tipos de gasto en infraestructura por los cuales se controla separadamente, a saber: telecomunicaciones, capacidad de generación eléctrica y líneas de tren, la expansión en la capacidad de producción eléctrica es la que tiene el efecto de mayor magnitud sobre el crecimiento. Según los resultados que se muestran en el **Error! Reference source not found.**, se espera que un incremento de 1 p.p. en el crecimiento de la capacidad de producción eléctrica se asocie con un cambio en la misma dirección de entre 0,11 y 0,21 p.p. del crecimiento del PIB por trabajador. Por su parte, el efecto del crecimiento en la infraestructura de telecomunicaciones se estima entre 0,035 y 0,06 p.p. más de crecimiento del producto por trabajador por cada punto porcentual adicional. Valga destacar que el acervo de líneas férreas no resultó estadísticamente significativo en la mayoría de las especificaciones.

Otro de los resultados que podría resultar de interés es la cuantificación del efecto de la variable “capital humano” sobre el crecimiento de la producción por trabajador. Como se aprecia en el **Error! Reference source not found.**, el coeficiente asociado a esta variable resulta positivo y estadísticamente significativo (al 2,2% o menos de significancia) en todas las especificaciones. Su magnitud es cercana a 0,0008 para todas las especificaciones excepto en la 2 (que utiliza la inversión en infraestructura del sector público), donde se incrementa a 0,0017. Ahora bien, en vista de la forma en que se construyó la variable, interpretar la magnitud de su coeficiente no es trivial. Según Klenow y Rodríguez (1997), definida de la forma descrita en el apartado 3.2, la inversión en capital humano es la fracción del tiempo que un trabajador dedica a aumentar su acervo de capital humano relativo al

total de tiempo que podría emplear laborando. Esto significa que existe un intercambio entre la acumulación de capital humano y la pérdida de producción; lo cual se lleva a cabo con la finalidad de potenciar la producción futura mediante una mayor productividad. Definida de esta forma, un coeficiente de magnitud 0,0008 implicaría que si la fuerza laboral dedicara 1 p.p. más de su tiempo a acumular capital humano (en este caso más preparación académica) se espera que, dados los demás factores, el crecimiento del PIB por trabajador aumente 0,08 p.p.. Es decir, si el producto por trabajador del país crecía 2% anual, se espera que dedicar 1 p.p. más a acumular capital humano se asocie con un crecimiento ahora de 2,08%.

En términos de diagnóstico de los ajustes econométricos, en primer lugar debe señalarse que para las ocho especificaciones las pruebas de Wald de significancia conjunta señalan abundante evidencia en contra de la hipótesis nula de que todas las variables no son conjuntamente significativas¹⁴. Es decir, es poco probable que la asociación entre la variabilidad del producto por trabajador y la de todas las explicativas sea producto del azar o de la muestra particular utilizada.

Por otra parte, según los resultados de las pruebas de autocorrelación que se muestran en el **Error! Reference source not found.**, no existe evidencia que desfavorezca el uso de las condiciones de momentos empleadas. La prueba de autocorrelación que se muestra es la propuesta en Arellano y Bond (1991)¹⁵ y su resultado señala fuerte evidencia en contra de la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación de primer orden y muy escasa evidencia contraria a la hipótesis de ausencia de autocorrelación de 2do orden. Según se sigue de Arellano y Bond (1991), cuando las perturbaciones idiosincráticas están idéntica e independientemente distribuidas, si bien se espera que los errores en primera diferencia muestren autocorrelación de primer orden, la presencia de autocorrelación de un orden mayor constituiría evidencia de que las condiciones de momentos de la estimación no son válidas.

En vista de que el método de estimación requiere la especificación de instrumentos para las condiciones de momentos, es importante aplicar alguna prueba de restricciones sobreidentificadas para validar que los instrumentos en exceso a los necesarios para la identificación no estén correlacionados con la perturbación estocástica, es decir que sean instrumentos exógenos. Los resultados que se muestran en el **Error! Reference source not found.** corresponden a una prueba tipo Sargan J. D. (1958), que proponen Arellano y Bond (1991) para someter a prueba la validez de los instrumentos utilizados. Nótese que en todas las especificaciones la evidencia contra la hipótesis nula de validez de los instrumentos es prácticamente nula, lo cual respalda fuertemente el uso de los instrumentos elegidos.

Si bien los resultados del **Error! Reference source not found.** son los más relevantes y significativos del estudio, vale la pena mencionar que se efectuaron estimaciones con especificaciones alternativas. Entre las variantes de mayor relevancia está la que utiliza

¹⁴ Ver la fila con nombre Prueba de Wald de significancia conjunta (valor P)

¹⁵ El estadístico de prueba que proponen los autores se basa en los promedios de las autocovariancias de orden n-ésimo a lo largo de los cortes transversales. Esos promedios son variables aleatorias con media cero bajo la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación serial de orden n en los residuos de la regresión en primera diferencia.

como indicador de factores institucionales el índice “Starting a Business” como variable explicativa, tanto en su nivel puro como en versión dicotómica¹⁶. Los resultados se muestran en el Anexo (ver Cuadro 6). En general estos resultados están alineados con los que se muestran en el **Error! Reference source not found.** en cuanto al efecto de las diversas variables de infraestructura por las que se controla. Además señalan un efecto positivo y significativo del indicador de facilidad de apertura de negocio no solo sobre el crecimiento económico sino además sobre la efectividad de la inversión en infraestructura para generar crecimiento. Sin embargo, como se aprecia al comparar las últimas dos filas del **Error! Reference source not found.** y el Cuadro 6, la corta extensión temporal del indicador “Starting a Business” limita sustancialmente el número de observaciones con que obtienen las estimaciones.

Por otro lado, cabe destacar que se efectuaron estimaciones que no mostraron un buen ajuste en razón, principalmente, de la reducción en la cantidad de datos utilizables. En primer término, según se señaló anteriormente, se estimó un modelo similar al caso 2 del **Error! Reference source not found.** utilizando solo la inversión en capital público pero añadiendo las variables indicadores de percepción de corrupción e índice de libertad económica. Por otro lado, con el fin de verificar la robustez de los resultados de estudios anteriores agregando factores institucionales, se realizó la estimación sólo para los países de América Latina. Las variables indicadoras de factores institucionales no fueron estadísticamente distintas de cero.

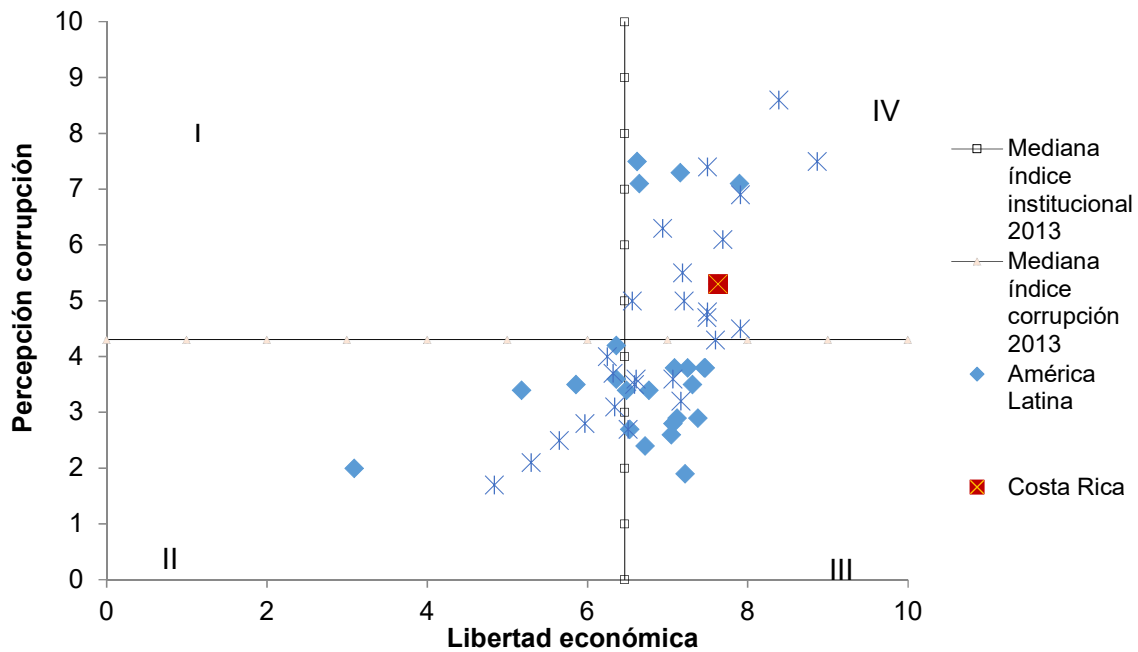
Como complemento a los resultados del **Error! Reference source not found.**, y en particular del resultado que señala un efecto significativo sobre la efectividad de la inversión en infraestructura tanto de la percepción de corrupción como de la libertad económica, el Gráfico 2 y el Gráfico 3 posibilitan identificar en qué países se presentan típicamente mejores niveles de estos dos indicadores.

En el Gráfico 2 se diferencia entre países de América Latina y Asia. El grueso de países de América Latina se ubica en los cuadrantes II y III, correspondientes a niveles de percepción de corrupción por debajo de la mediana de la distribución de ese indicador. Es decir, según los resultados econométricos, son países donde típicamente la percepción de corrupción resta eficacia a la inversión en infraestructura en términos de generar crecimiento económico. En cuanto a libertad económica, la distribución entre países de América Latina y Asia es un más simétrica. Costa Rica en este caso se encuentra en el cuadrante IV, por encima de la mediana tanto en percepción de corrupción como en libertad económica.

Por otra parte, el Gráfico 3 distingue los países según su nivel de ingreso. Acá el contraste es más marcado. Casi la totalidad de países de ingreso alto se ubican en el cuadrante IV. Esto es, tienen niveles de percepción de corrupción y de libertad económica superiores a los de países de ingreso bajo y medio. Por su parte casi la totalidad de países de ingreso bajo y medio se ubican en los cuadrantes II y III. Esto es un lastre que arrastran

¹⁶ Al igual que con los indicadores de libertad económica y de percepción de corrupción, para construir la versión dicotómica del índice Starting a Business se adoptó el umbral del percentil 50 para separar las observaciones y se corroboró que los resultados no se veían mayormente alterados utilizando los percentiles 25 y 75.

Gráfico 2.
Índice de percepción de corrupción e índice de libertad económica por región, año 2013.



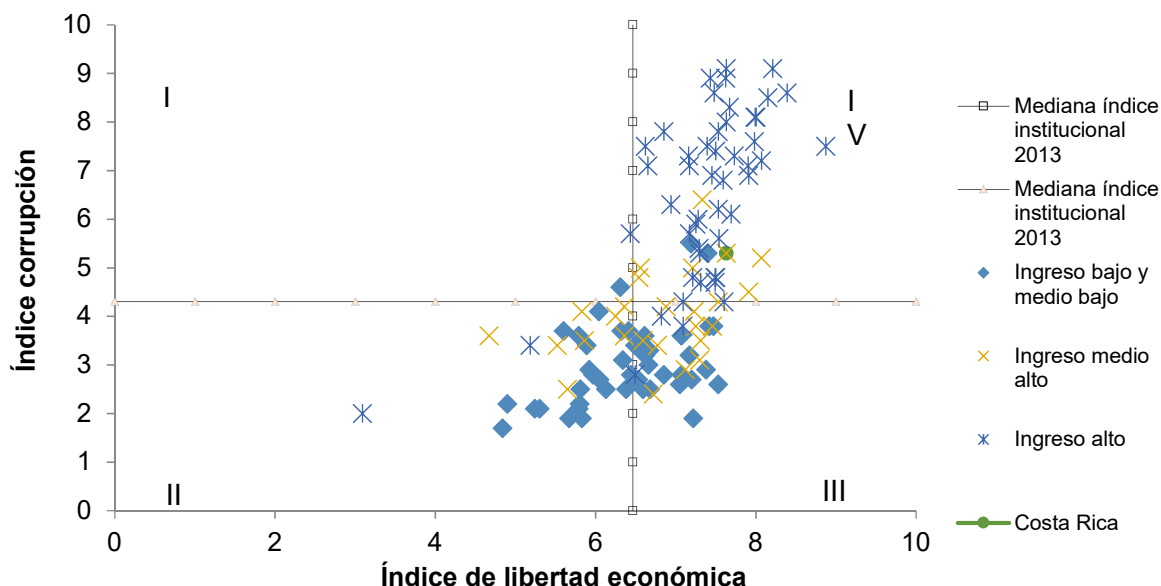
Fuente: Elaboración propia.

los países de ingreso medio y bajo para potenciar la capacidad generadora de crecimiento de su inversión en infraestructura.

La definición de cuadrantes que se presenta en el Gráfico 2 y la Gráfico 3 sugiere la posibilidad de conocer el efecto conjunto del indicador de libertad económica y de percepción de corrupción sobre la efectividad de la inversión en infraestructura para generar crecimiento. Esto puede lograrse modificando las especificaciones cuyos resultados se muestran en el **Error! Reference source not found.**. La modificación consiste en incluir una sola variable categórica que defina 4 tipos de países. A saber, países con favorable percepción de corrupción y baja libertad económica (cuadrante I), con desfavorable percepción de corrupción y baja libertad económica (cuadrante II), con desfavorable percepción de corrupción y alta libertad económica (cuadrante III) y finalmente aquellos con favorable percepción de corrupción y alta libertad económica (cuadrante IV). Utilizando esta última como categoría de control, los resultados de estimación se muestran en el **Error! Reference source not found.**

En este caso la magnitud y significancia de los coeficientes asociados a las variables indicadoras de infraestructura es similar a las ya comentadas del **Error! Reference source not found.**. Lo que debe rescatarse es el signo y significancia de los coeficientes estimados asociados a las variables dicotómicas que describen las 4 categorías de países. Como es de esperar debido a que la categoría de control son países con alta libertad económica y baja percepción de corrupción, tanto los interceptos como las pendientes diferenciales son negativos. Esto indica, dados todos los demás factores, que tanto el crecimiento promedio

Gráfico 3.
Índices de percepción de corrupción y de libertad económica por nivel de ingreso, año 2013.



Fuente: elaboración propia.

esperado como el efecto de la infraestructura sobre el crecimiento son mayores en los países de la categoría de control.

Según la especificación 5, donde se incluyen simultáneamente las 3 variables binarias que categorizan a los países, el efecto combinado de ser un país con baja libertad económica y alta percepción de corrupción disminuye la efectividad de la inversión en infraestructura para generar crecimiento en 0,0065 p.p. Es decir, mientras en los países de la categoría de control 1 p.p. más de crecimiento en el acervo de infraestructura se espera que genere, *ceteris paribus*, 0,27 p.p. más de crecimiento en los países de la categoría de control, generará cerca de 0,26 en los países con baja libertad económica y alta percepción de corrupción. Nótese que al igual que en las estimaciones que se muestran en el **Error! Reference source not found.**, la magnitud del impacto no es grande, pero si es estadísticamente significativa. Además, según los mismos resultados de la especificación 5, la pendiente diferencial asociada a la dicotómica indicadora de cuadrante 1 es mayor que la asociada a la del cuadrante 3 (ambas estadísticamente significativas). Esto implica que el desempeño del país en libertad económica impacta más que el desempeño en percepción de corrupción sobre la efectividad de la inversión en infraestructura para generar crecimiento.

La evidencia econométrica de las especificaciones 3 a 8 del **Error! Reference source not found.**, y de la especificación 5 del **Error! Reference source not found.**, junto con las asociaciones entre los índices de percepción de corrupción y libertad económica según región o nivel de ingreso pueden explicar, en primer término y al menos en parte, las amplias diferencias en el crecimiento entre regiones (Asia vs. América Latina); y en segundo término el impacto positivo de una buena gestión institucional de los países.

Cuadro 3.
Estimaciones GMM en primeras diferencias. Variable dependiente: Log del PIB por trabajador.

	Especificaciones alternativas*								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Capital infraestructura	0,2697 (0,000)	0,2788 (0,000)	0,2768 (0,000)	0,2870 (0,000)	0,2708 (0,000)	0,2819 (0,000)	0,2712 (0,000)	0,2874 (0,000)	
Telecomunicaciones	0,0431 (0,008)	0,0382 (0,052)	0,0460 (0,028)	0,0466 (0,018)	0,0455 (0,008)	0,0369 (0,019)	0,0454 (0,001)	0,0453 (0,026)	
Generación eléctrica	0,1962 (0,002)	0,2230 (0,001)	0,2112 (0,000)	0,2105 (0,001)	0,2091 (0,001)	0,2204 (0,001)	0,2200 (0,001)	0,2191 (0,000)	
Líneas de tren	-0,0019 (0,924)	-0,0069 (0,740)	-0,0114 (0,571)	-0,0028 (0,903)	-0,0035 (0,858)	-0,0064 (0,808)	-0,0067 (0,757)	-0,0058 (0,844)	
Capital humano	0,0007 (0,019)	0,0008 (0,025)	0,0008 (0,015)	0,0007 (0,065)	0,0007 (0,025)	0,0008 (0,011)	0,0008 (0,012)	0,0007 (0,017)	
Dummy cuadrante 1	-0,0778 (0,042)	-0,0176 (0,537)							
Dummy cuadrante 2	-0,0822 (0,001)		-0,0075 (0,624)						
Dummy cuadrante 3	-0,0651 (0,000)			-0,0300 (0,073)					
Interacción dummy cuadrante 1 y capital infraestructura					-0,0058 (0,045)	-0,0010 (0,689)			
Interacción dummy cuadrante 2 y capital infraestructura					-0,0065 (0,004)		-0,0014 (0,344)		
Interacción dummy cuadrante 3 y capital infraestructura					-0,0049 (0,000)			-0,0028 (0,036)	
Prueba de Wald de significancia conjunta (valor P)	0	0	0	0	0	0	0	0	
Test de autocorrelación (valor p)	Primer orden	0,53	0,04	0,04	0,06	0,45	0,04	0,4	0,09
	Segundo orde	0,54	0,23	0,14	0,36	0,48	0,25	0,10	0,44
Prueba de Sargan de restricciones sobre identificadas (valor P)	1	1	1	1	1	1	1	1	
No. Observaciones	574	574	574	574	574	574	574	574	
No. Países	67	67	67	67	67	67	67	67	

* Valores P robustos (Huber y White) entre paréntesis.

Fuente: elaboración propia

5. Ejercicios contra-factuales para el caso de Costa Rica.

Con la finalidad de dimensionar de una forma más clara los resultados obtenidos, se desarrollaron una serie de ejercicios de tipo contra-factual aplicados a la economía costarricense. En términos sencillos, estos ejercicios consisten en presentar un escenario alternativo del crecimiento del capital por trabajador y cuantificar su efecto sobre el crecimiento del PIB por trabajador a partir de los coeficientes de la estimación econométrica.

Tres son los escenarios contra-factuales que se llevaron a cabo. El primero tuvo como objetivo hacer comparables los resultados de esta investigación con una estimación desarrollada por el Departamento de Estadística Macroeconómica (DEM) del Banco Central de Costa Rica en la que, mediante un método de despeje basado en el modelo de Leontief y con información de la matriz de insumo producto (2012), se cuantificó el incremento de capital necesario para generar un incremento de 1 p.p. en el PIB. El segundo ejercicio asume un incremento adicional de 1 p.p. en el crecimiento del capital de infraestructura por trabajador para cada año desde 1960 al 2013. Finalmente, el tercer ejercicio supone el

mismo incremento del escenario anterior, pero condicionando la senda del PIB por trabajador a la ubicación alternativa del país en los cuadrantes I, II, III o IV (ver Cuadro 3). Es decir, dependiendo de su condición relativa respecto a los factores institucionales y percepción de corrupción.

5.1. Comparación de resultados con el estudio basado en MIP

En el presente trabajo se estima que, manteniendo todo lo demás constante, si el capital por trabajador crece 1 p.p. adicional, el crecimiento asociado del PIB por trabajador se espera que sea entre 0,23 y 0,29 p.p. más alto en el mismo periodo. Por su parte, la estimación del DEM indica que un incremento del capital de infraestructura de alrededor de EUA\$660 millones generaría un incremento de un punto porcentual en el valor del PIB de ese año. La interrogante a la que se pretende dar respuesta en esta sección es ¿qué tan diferentes son esas estimaciones?

Antes que nada debe aclararse que los objetivos y metodologías de ambos estudios son distintos. En esta investigación se utiliza una estimación econométrica con datos de panel que incluye 213 países y 54 años. El objetivo es cuantificar el efecto que tiene la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico y establecer si tal efecto está condicionado por factores institucionales. Por otro lado, la estimación del DEM utiliza un método de despeje basado en el modelo de Leontief con información de la Matriz Insumo-Producto (MIP) del año 2012 de Costa Rica; su objetivo fue estimar la inversión adicional en capital de infraestructura necesaria para incrementar el PIB en 1 p.p.

Para hacer comparables los resultados se trabajó con los coeficientes estimados por la vía econométrica y manteniendo todo lo demás constante. Se supuso que el monto de capital del año 2012 fue superior al observado en una cuantía de EUA\$660 millones (ajustados con una depreciación del 2.13% anual). Adicionalmente se asume que tal aumento en el capital de infraestructura genera un aumento de la ocupación de 0.9%¹⁷.

En términos analíticos, el ejercicio consiste en lo siguiente. Sean PIB_t , K_t y L_t el producto, la cantidad de capital y la fuerza laboral en el año t , respectivamente. $k_t = K_t/L_t$ es capital por trabajador en el año t . Igualmente, γ = elasticidad de PIB/L a k_t . Según los resultados econométricos $\gamma \in [0,23, 0,29]$.

El escenario planteado es el siguiente:

$K_{2012} + \$660 \text{ mill}(1 - 0,0213) = K_{2012}^*$. Monto de capital resultado de la inversión adicional de EUA\$660 en el año 2012.

$L_{2012}(1 + 0,009) = L_{2012}^*$. Cantidad de trabajadores resultado de la inversión de EUA\$660.

$K_{2012}^*/L_{2012}^* = k_{2012}^*$. Capital por trabajador resultado de la inversión de EUA\$660.

Luego:

$\Delta\%k_{2012} = (k_{2012}/k_{2011}) - 1$. Cambio porcentual observado de K_t/L_t entre 2011 y 2012

$\Delta\%k_{2012}^* = (k_{2012}^*/k_{2011}) - 1$. Cambio porcentual supuesto de K_t/L_t entre 2011 y 2012

¹⁷ Esta estimación fue suministrada por el DEM.

Cuadro 4.
Efecto de un aumento de \$660 millones de capital en 2012.

K_{2011}	\$ 5.226
k_{2011}	\$ 2,32 * 10 ⁻³
K_{2012}	\$ 5.622
k_{2012}	\$ 2,45 * 10 ⁻³
$K_{2012}^* = K_{2012} + 660 * (1 - 0,0213)$	\$ 6.268
k_{2012}^*	\$ 2,70 * 10 ⁻³
$\Delta\%k_{2012}$	5,23
$\Delta\%k_{2012}^*$	16,28
Dif	11,04
$Dif * \gamma_{min}$	2,54
$Dif * \gamma_{max}$	3,2

Fuente: Elaboración propia.

$Dif = \Delta\%k_{2012}^* - \Delta\%k_{2012}$. Crecimiento adicional de K_t/L_t resultado de la inversión de EUA\$660

El producto $Dif * \gamma$ corresponde al impacto estimado sobre PIB/L_{2012} (en p.p. adicionales de crecimiento) de EUA\$660 mills. adicionales de inversión en infraestructura. Un resumen de los cálculos realizados se muestra en el Cuadro 4.

Según los resultados de este ejercicio y la estimación del DEM, se estima que EUA\$660 millones adicionales de inversión en infraestructura en el año 2012 habrían generado:

- 1 p.p. según el estudio del DEM en un año.
- Entre 2,5 y 3,2 p.p. según esta investigación.

Es importante notar que EUA\$660 millones adicionales de inversión en infraestructura es un monto atípicamente alto. Con ese monto de inversión adicional, la tasa de variación del capital por trabajador en 2012 pasaría de 5,2% a 16,3%. Desde 1960 solo hay 3 años con un crecimiento superior del acervo de capital por trabajador. Un 16,3% es el percentil 94 de la distribución de tasas de crecimiento observadas desde 1960 para el caso de Costa Rica.

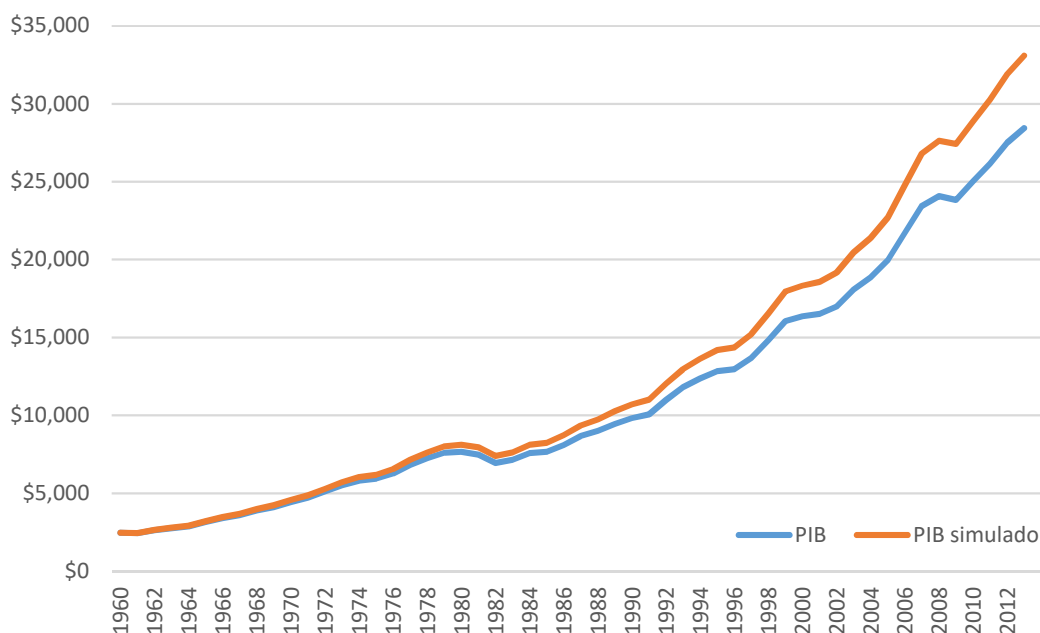
Si bien el estudio el DEM permite analizar el impacto a nivel de industrias, considera solo el impacto atribuible a mayor demanda agregada. Mientras que por la metodología empleada, puede aducirse que en este trabajo capta, además del efecto por mayor demanda, efectos de productividad originados en más y mejor infraestructura. Adicionalmente, la estimación del DEM está basada solo en datos de Costa Rica del año 2012, mientras que la estimación econométrica muestra un promedio del efecto observado a lo largo de muchos países y de muchos periodos de tiempo.

5.2. Impacto a largo plazo de inversión en infraestructura

El segundo ejercicio contra-factual busca cuantificar el efecto de largo plazo de un ritmo de crecimiento mayor de la inversión en infraestructura. Se pretende responder a la siguiente interrogante: ¿Cuál es la diferencia entre el PIB observado y el de una serie hipotética

estimada suponiendo un crecimiento del acervo de capital por trabajador que es 1 p.p.

Gráfico 4.
 PIB observado y simulado. 1960-2013. (mill. US\$ de 2005)



Fuente: Elaboración propia.

superior al que se presentó desde el año 1961?

Asumir un p.p. de crecimiento del capital de infraestructura por trabajador para cada año desde 1960 a 2013 genera una nueva serie de capital por trabajador (K/L). Luego, con base en la estimación obtenida en el estudio, y manteniendo todo lo demás constante, se espera que esto añada 0.29 p.p. al crecimiento del PIB por trabajador (PIB/L) cada año. Partiendo del mismo nivel base en 1960, esto genera una nueva serie PIB/L. Para el ejercicio además se supone que la fuerza laboral no varía su evolución observada.

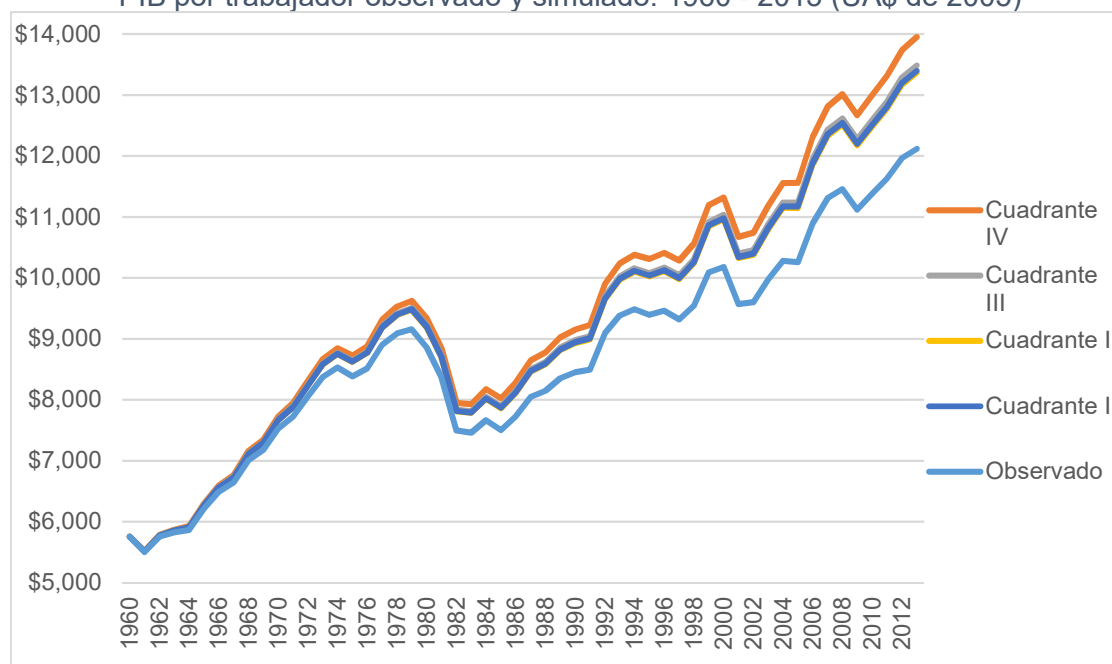
Según el ejercicio, si desde 1960 hasta 2013 (53 años) el capital en infraestructura por trabajador hubiese crecido 1 p.p. adicional y todo lo demás se hubiese mantenido sin

Cuadro 5
 Proporción promedio de K a PIB

	Observada	Simulada
1960-1969	18	18
1970-1979	23	25
1980-1989	20	24
1990-1999	19	24
2000-2013	20	28

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5.
 PIB por trabajador observado y simulado. 1960 - 2013 (UA\$ de 2005)



Fuente: Elaboración propia.

alteración, se estima que en 2013 el PIB habría sido 16,4% superior al observado. La comparación entre las series observadas y simuladas se muestra en el Gráfico 4. Además, se estima que la proporción (en promedio por década) del capital a PIB se habría comportaría según se ilustra en el **Error! Reference source not found.**

5.3. Impacto a largo plazo de inversión en infraestructura condicionando por factores institucionales

Al igual que el segundo ejercicio contra-factual, se utiliza la interpretación de los coeficientes econométricos estimados y se supone un incremento adicional de 1 p.p. en el crecimiento del capital de infraestructura por trabajador para cada año de 1960 a 2013. La diferencia radica en que el crecimiento esperado se condiciona por factores institucionales (índice de Libertad Económica e índice de Percepción de Corrupción).

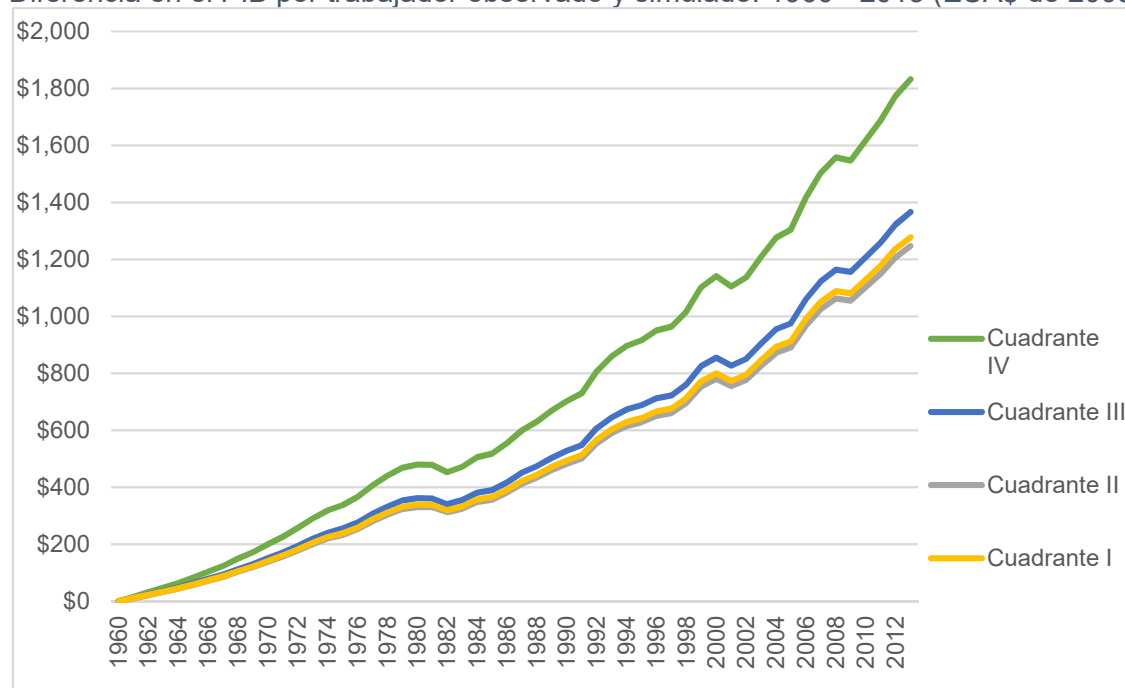
Para lograr esto, se considera la especificación econométrica 1 del Cuadro 3, la cual incluye, como variables explicativas, las dicotómicas correspondientes a los cuadrantes que identifican la posición relativa de cada país respecto a factores institucionales (cuadrantes I, II, II, y IV).

Las interpretaciones de los coeficientes serían las siguientes:

- Países con desfavorable percepción de corrupción y baja libertad económica (cuadrante II) se espera que presenten, dados los demás factores, un crecimiento del PIB por trabajador inferior en 0.0822 p.p. al de los países de la categoría de control.

Gráfico 6.

Diferencia en el PIB por trabajador observado y simulado. 1960 - 2013 (EUA\$ de 2005)



Fuente: Elaboración propia.

- Finalmente, países con favorable percepción de corrupción y baja libertad económica (cuadrante I) se espera que presenten, *ceteris paribus*, un crecimiento del PIB por trabajador 0.0778p.p. inferior al de países en el cuadrante IV.

Los resultados del ejercicio pueden apreciarse en los gráficos 5 y 6.

Como es de esperar, la diferencia más cuantiosa respecto a la serie observada se presenta para el Cuadrante IV, seguida del Cuadrante III. Los casos de los Cuadrantes II y I resultan muy muy similares. Los resultados indican que, si desde 1960 hasta 2013 (53 años) el capital en infraestructura por trabajador hubiese crecido 1 p.p. adicional, se esperaría que en el 2013 el PIB fuese entre EUA\$ 2.927,22 y EUA\$ 4.301,86 millones superior al observado. Además, se esperaría que el PIB por trabajador fuese mayor al observado en una cuantía de entre EUA\$ 1.247 y EUA\$ 1.832. Debe tenerse presente que se trata de dólares norteamericanos en términos constantes del año 2012.

6. Conclusiones

Este trabajo tiene como objetivo cuantificar el efecto de la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico y determinar si tal efecto está condicionado por factores de índole institucional. Con base en información de un panel de países y la estimación de modelos dinámicos en diferencia vía método generalizado de momentos se trata de dar respuesta a esa interrogante.

Los resultados obtenidos sugieren la existencia de un efecto positivo y estadísticamente significativo de la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico. Se estima que un punto porcentual adicional de crecimiento del acervo de infraestructura se asocie

con una tasa de crecimiento del PIB entre 0,23 y 0,29 p.p. más elevada. Estos resultados son coherentes con la evidencia mostrada en investigaciones similares en las que se utilizó un conjunto menor de información. Si bien se estima con menos datos, el efecto del gasto en infraestructura de carácter público es relativamente menor (0,12 p.p.).

De los tipos de inversión en infraestructura tratados por separado, el incremento en la capacidad de producción eléctrica tiene el efecto estadísticamente significativo de mayor magnitud, seguido por la inversión en infraestructura de telecomunicaciones. El efecto de la infraestructura de transportes, aproximado solo con la extensión de la red férrea, no resultó estadísticamente significativo. Sin embargo existe la posibilidad de extender los resultados de esta investigación en caso de disponer de información sobre extensión y calidad de la red vial del grupo de países de la muestra.

Mejoras en la calidad institucional (cuantificadas mediante los índices de libertad económica y de percepción de corrupción) impactan de forma estadísticamente significativa no solo el crecimiento sino la efectividad de la inversión en infraestructura para generar crecimiento. El impacto significativo de mejoras en la percepción de corrupción se manifiesta durante el mismo periodo, mientras que el de mejoras en la libertad económica lo hacen con un rezago de dos años. Se estima que en promedio y durante el mismo periodo, una mejora en percepción de corrupción de un punto (en la escala de 1 a 10 con que se mide este indicador) se asocia con un crecimiento del PIB por trabajador 1,5 p.p. mayor. Mientras que el efecto de una mejora de igual magnitud en el indicador de libertad económica conduce, luego de dos años, a un crecimiento del PIB por trabajador 3,1 p.p. mayor.

Los países con mayor libertad económica y menor percepción de corrupción tienen, en promedio, no solo tasas de crecimiento superiores, sino que además extraen mayor rédito de las inversiones que realizan en infraestructura. Se estima que un país con nivel de libertad económica y percepción de corrupción que se ubique en la parte superior de la distribución de esos indicadores logra que cada punto porcentual de gasto en infraestructura se manifieste en 0,25 p.p. más de crecimiento contra solo 0,23 p.p. que logra un país cuyos indicadores lo ubican por debajo de la mediana.

De igual forma se encontró que la mayoría de países de América Latina tienen una percepción de corrupción que los ubica por debajo de la mediana de la distribución, mientras que una buena porción de países asiáticos están por sobre esa mediana. Por otra parte, casi la totalidad de países de ingreso alto tienen niveles de percepción de corrupción y de libertad económica superiores a los de países de ingreso bajo y medio. Según los resultados expuestos, esta diferencia explicaría, al menos en parte, el hecho de que países en América Latina, y en general de ingreso medio o bajo obtengan menor rédito de la inversión en infraestructura en términos de crecimiento económico.

Si bien no es el objetivo principal del trabajo, según los resultados se estima que un incremento de un punto porcentual del tiempo que la fuerza laboral dedica a preparación académica se asocia, en promedio, con un crecimiento del PIB por trabajador 0,07 p.p. más alto.

Tomando en consideración los siguientes aspectos: la evidencia y recomendaciones puntualizadas en FMI (2014) en el sentido de que si se han identificado claramente necesidades de infraestructura, un impulso a la inversión pública tiene impacto positivo sobre el crecimiento sin afectar la razón deuda/PIB en especial cuando la economía cuenta con capacidad ociosa; existe amplia documentación que señala un grave problema de estancamiento en la inversión pública [ver Jiménez, Céspedes y Arce (2006), Castro y Porras (2009) y Mesalles (2010)] en Costa Rica, donde las deficiencias se manifiestan

especialmente en área de infraestructura de transporte; el crecimiento económico de los últimos 3 años (y el esperado para el año siguiente) ha sido inferior al crecimiento potencial estimado para la economía costarricense (4,4%); y que durante esos últimos 3 años la tasa de desempleo abierto no ha bajado de 8,3%; los resultados de este trabajo respaldan políticas que conlleven dar un impulso a la inversión pública en infraestructura sin que sea esperable un deterioro importante en las finanzas públicas. Además, existe la posibilidad de potenciar el impacto de esa política expansiva mejorando los aspectos que se toman en cuenta para construir el índice de libertad económica y disminuyendo la percepción de incidencia de corrupción en el país.

Para dimensionar los resultados para el caso de Costa Rica, se realizaron algunos ejercicios contra-factuales. En primer término, se estima que un incremento del capital de infraestructura en el orden de los EUA\$660 millones en el año 2012 habría generado entre 2.54 y 3.2 p.p. adicionales en el crecimiento del PIB por trabajador ese año.

Segundo, al suponer un crecimiento adicional en un p.p. en el acervo de capital en infraestructura por trabajador desde 1960 hasta 2013 (53 años), se estimó que en 2013 el PIB hubiese sido cerca de 16,4% superior al observado. Además, la proporción promedio del capital al PIB, del 2000 al 2013, habría aumentado de 20% a 28%.

Finalmente, un crecimiento adicional en un p.p. en el acervo de capital en infraestructura por trabajador, desde 1960 hasta 2013 (53 años), genera la diferencia más cuantiosa en el caso de aquellos países con favorable percepción de corrupción y alta libertad económica (cuadrante IV).

7. Bibliografía

- Arellano, Manuel y Stephen Bond (1991). *Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations*. *Review of Economic Studies* V. 58, pag. 277-97.
- Arellano, Manuel y Olympia Bover (1995). *Another look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Component Models*. *Journal of Econometrics* V. 68 (1), pag. 29-51.
- Aschauer, David. (1989). *Is Public Expenditure Productive*. *Journal of Monetary Economics*. Vol. 23, pag. 177-200.
- Auerbach, Alan y Yuriy Gorodnichenko (2012). *Fiscal Multipliers in Recession and Expansion*. NBER Working Paper 17447.
- (2013). *Measuring Output Responses to Fiscal Policy*. *American Economic Journal: Economic Policy* 4 (2). Pg 1-27.
- Blundell, Richard y Stephen Bond (1998). *Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models*. *Journal of Econometrics* V. 87 (1), pag. 115-43.
- Calderón, César; Easterly, William y Luis Servén (2003). *Infrastructure Compression and Public Sector Solvency in Latin America*. En Easterly, William y Luis Servén eds. *The Limits of Stabilization: Infrastructure, Public Deficits and Growth in Latin America*. Stanford University Press and The World Bank. Pag. 95-118.
- Calderón, César y Luis Servén (2002). *The Output Cost of Latin America's Infrastructure GAP*. Working Paper N° 186. Central Bank of Chile
- (2004). *The effects of infrastructure development on growth and income distribution*. Policy Research Working Papers, The World Bank.
- Canning, David (1999). *Infrastructure's contribution to aggregate output*. World Bank Policy Research Discussion Paper 2246.
- Castro, René y José Alí Porras (2009). *Infraestructura y desarrollo económico en Costa Rica*. En Mesalles, Luis y Oswald Céspedes (Eds.) (2009). *Costa Rica 2008: Obstáculos al crecimiento económico*. Academia de Centroamérica.
- Celis, Rafael (2007). *Costa Rica: Identificación de la combinación de inversiones públicas más apropiada durante el periodo de transición hacia la entrada en vigencia del CAFTA*. *Costa Rica*. Proyecto de cooperación técnica CEPAL/BID/IFPRI.
- Ferreira, Francisco (1995). *Roads to Equality: Wealth Distribution Dynamics with Public-Private Capital Complementarity*. LSE Discussion Paper TE/95/286.
- Fondo Monetario Internacional (2014). *World Economic Outlook: Legacies, Clouds and Uncertainties*. Washington DC.

- Gwartney, James y Robert Lawson (1996). *Economic Freedom of the World: 1996 Annual Report*.
- Hansen, Lars Peter (1982). *Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators*. *Econometrica* V. 50, pag. 1029-54.
- Jiménez, Ronulfo; Víctor Hugo Céspedes y Gilberto Arce (2006). *La pobreza en Costa Rica 1987-2004*. En Céspedes, V.H y R. Jiménez (Org.). *Pobreza en Costa Rica*. San José: Academia de Centroamérica.
- Klenow, Peter y Andrés Rodríguez (1997). *The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far?* NBER Macroeconomics Annual 1997, V. 12.
- Mankiw, Nicholas Gregory; David Romer y David N. Weil. (1992). *A contribution to the empirics of economic growth*. *Quarterly Journal of Economics* V. 107(2), pag. 407-437.
- Mesalles, Luis (2010). *El proceso de políticas en el sector infraestructura de Costa Rica: actores, arenas e intercambios*. BID, Mimeo.
- Mesalles, Luis y Rafael Celis (2011). *Más y mejor infraestructura de transporte para reducir la pobreza rural en Costa Rica*. En Fundação Konrad Adenauer (2011). *Inversión en infraestructura pública y reducción de la pobreza en América Latina*. Konrad Adenauer Stiftung
- Sargan, John Denis (1958). *The Estimation of Economic Relationships Using Instrumental Variables*. *Econometrica* V. 26, pag. 393-415.
- Wooldridge, Jeffrey (2002). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 2nd Ed. South-Western.

8. Anexo.

Cuadro 6
Estimaciones GMM en primeras diferencias. Variable dependiente: Log del PIB por trabajador a precios constantes

	Especificaciones alternativas*			
	1	2	3	
Capital infraestructura	0,1748 (0,000)	0,1677 (0,000)	0,1683 (0,000)	
Telecomunicaciones	0,0397 (0,004)	0,0525 (0,001)	0,0460 (0,001)	
Generación eléctrica	0,0962 (0,134)	0,1296 (0,054)	0,1282 (0,105)	
Líneas de tren	-0,0292 (0,560)	0,0043 (0,939)	-0,0038 (0,930)	
Capital humano	0,0015 (0,000)	0,0016 (0,000)	0,0017 (0,000)	
Índice Starting a business	0,0025 (0,007)			
Dummy índice Starting a business		0,0233 (0,114)		
Interacción capital infraestructura índice Starting a business			0,0018 (0,098)	
Prueba de Wald de significancia conjunta (valor P)	0	0	0	
Test de autocorrelación (valor p)	First order	0,05	0,01	0,01
	Second order	0,37	0,53	0,50
Prueba de Sargan de restricciones sobre identificadas (valor P)	1	1	1	
No. Observaciones	244	244	244	
No. Países	46	46	46	

* Valores P robustos (Huber y White) entre paréntesis.

Fuente: Elaboración propia