

IMPACTO DE LAS ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN EL DESARROLLO ECONÓMICO EN PERÚ

IMPACT OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE ON PERUVIAN ECONOMIC DEVELOPMENT

Recepción: 2023-05-01 - Aceptación: 2023-06-30

 **Luis Natal Del Carpio Castro**
ORCID iD 0000-0002-3252-383X

Candidato a Doctor en Gestión Económica Global
Universidad Mayor de San Marcos

RESUMEN

Objetivo: Determinar el impacto de las inversiones de las Asociaciones Público-Privadas (APP) de infraestructura de transporte en el desarrollo económico del Perú durante el periodo 2008-2021. **Método:** Enfoque cuantitativo, del tipo causal, de diseño no experimental con datos de series de tiempo y panel data; se realizó un análisis de cointegración y causalidad, previo Análisis de Componentes Principales con las variables asociadas al desarrollo económico. **Resultados:** El incremento de la inversión en infraestructura de transporte tiene un efecto positivo sobre el desarrollo económico; donde el impacto de la inversión en infraestructura de puertos es mayor que en aeropuertos, carreteras y vías férreas, considerando ese orden. **Conclusión:** Existe una causalidad de corto y largo plazo unidireccional, de la inversión de las APP de infraestructura de transporte hacia el desarrollo económico, a excepción de la infraestructura de carreteras que no presentó causalidad en el corto plazo.

Palabras clave: *Infraestructura de transporte, desarrollo económico, análisis de componentes principales, cointegración, causalidad.*

ABSTRACT

Objective: To determine the impact of Public-Private Partnerships (PPPs) of transportation infrastructure in the Peruvian economic development, during the period 2008-2021. **Methodology:** A quantitative, causal-type, non-experimental approach was employed, utilizing time series and panel data. Furthermore, a Cointegration and causality analyses were conducted. Before that, a development variable was created using Principal Component. **Results:** An increase of investments in transport infrastructure, made by PPPs, has a positive effect in economic development and the investments in port infrastructure have a greater impact compared to investments in airports, highways and railways, following that order. **Conclusion:** There exists a unidirectional short-term and long-term causality from the investment of transport infrastructure PPP towards economic development, except for road infrastructure, which it did not demonstrate short-term causality.

Keywords: *Transportation infrastructure, economic development, principal component analysis, cointegration, causality.*

INTRODUCCIÓN

La infraestructura es un componente fundamental del capital, necesario para la producción y generación de riqueza. Desempeña un papel fundamental en todas las etapas del desarrollo económico. Su impacto puede promover e impulsar la productividad y competitividad en los mercados internacionales, fomentando así el crecimiento y el desarrollo económico y social. En América Latina la relación con el crecimiento económico ha sido positiva, adquiriendo un papel relevante en las economías; la relevancia de la infraestructura radica en los servicios de transporte que se ofrecen en ella, la cual, de manera conjunta con otros componentes económicos, impulsan la productividad y la competitividad de una región, generando crecimiento económico (Sánchez y Wilmsmeier, 2005)

Al respecto, existe un importante requerimiento de recursos para satisfacer las necesidades de inversión estimadas que permitirían alcanzar la cobertura universal de los servicios básicos de infraestructura y hacer frente al crecimiento económico en los países de América Latina (Sánchez, *et al*, 2017)

Se debe tener en cuenta que, si bien el desarrollo económico se encuentra estrechamente ligado con el crecimiento económico, son conceptos distintos. En el primer caso, se refiere a la capacidad que tiene una nación para generar riqueza e incrementar el bienestar de sus pobladores además de considerar otras dimensiones inmateriales; por su parte, el crecimiento económico se refiere a un aumento de la renta y de la riqueza.

Con relación a los tipos de infraestructura, una economía podrá mejorar el desarrollo y crecimiento económico en la medida en que se mejore su infraestructura de carreteras (Urrunaga y Aparicio, 2012), de puertos (Sánchez, *et al.*, 2015), ferrocarriles y aeropuertos (Aschauer, 1989 como se citó en Rozas y Sánchez, 2004)

En esa línea, la relevancia de la inversión en infraestructura (obras y/o equipamiento) radica en que esta permite a la población contar con una mayor capacidad física, la cual finalmente dinamiza las actividades productivas. Por un lado, una mayor inversión genera demanda desde otros sectores (encadenamiento hacia atrás), dinamizando la economía; y por el otro, una mayor inversión también mejora la calidad de los servicios prestados y promueve la inversión en otros sectores relacionados, lo que contribuye con la mejora de la competitividad (encadenamiento hacia adelante)

Con relación a la ejecución de las inversiones en infraestructura, estas en principio debería realizarse por el Estado, no obstante, en muchas oportunidades no dispone de los recursos suficientes para poder invertir ni gestionar de manera adecuada las infraestructuras. Esta situación, es característica frecuente en los países en vías de desarrollo, donde existen muchas necesidades y pocos recursos. Es allí donde la inversión privada se presenta como la alternativa para financiar, construir, operar y mantener la infraestructura (Albújar, 2016)

Al respecto, en las últimas dos décadas, a nivel global, la participación del sector privado en la financiación y gestión de infraestructura pública se ha presentado mediante las APP, las cuales han adquirido un protagonismo importante, asimismo se ha llegado a un consenso en que la infraestructura es necesaria para el desarrollo económico de un país, por su impacto en la productividad del trabajo, el capital privado y en especial en el crecimiento económico (The Economist Intelligence Unit, 2019)

Sobre el particular, considerando la inversión en infraestructura como capital físico, Romer (1986) quien analiza la inversión en capital físico, transforma a la inversión en el motor del crecimiento económico, específicamente, el modelo de Romer postula la presencia de externalidades positivas asociadas a la inversión en capital físico. Romer resalta la relevancia de las externalidades de la inversión en capital físico como impulsores del crecimiento económico, en ese sentido la inversión de las APP de infraestructura impulsarían el crecimiento económico, ello considerando la definición de la Ley de APP promulgada en 2008 en el Perú, en la que se señala que las APP son modalidades de participación de la inversión privada en las que se incorpora experiencia, conocimientos, equipos, tecnología, preferentemente privados (externalidades y especialización), con el objeto de crear, desarrollar, mejorar, operar o mantener infraestructura pública (inversión en capital físico)

En cuanto al desarrollo económico, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) menciona que una mejor medida para el nivel de desarrollo económico de un país es el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el cual considera tres dimensiones, (i) la esperanza de vida; (ii) el conocimiento o nivel educacional medido por las tasas de matrícula y años de escolaridad; (iii) un nivel de vida decente, medido por el PIB per cápita (PNUD, 2016). El IDH se ha convertido en una medida ampliamente utilizada y reconocida internacionalmente para medir el progreso humano y evaluar el desempeño de los países en comparación con otros países.

De lo descrito, en el presente artículo se formula la siguiente interrogante ¿De qué manera las inversiones de las APP de infraestructura de transporte impactan sobre el desarrollo económico del Perú durante el periodo 2008 – 2021?

Al respecto, es relevante analizar el contexto del inicio de las APP en el Perú, el cual se remontaría al “Consenso de Washington” y las diversas reformas políticas económicas formuladas para afrontar la crisis económica por la que atravesaban dichas economías. En el Consenso de Washington se propuso que las economías debían buscar la disciplina fiscal, liberalización financiera, tipos de cambio competitivos, liberalización de las inversiones extranjeras, las privatizaciones, la reducción del papel del Estado en las actividades económicas, entre otras reformas.

Específicamente en el Perú, se adoptaron las reformas propuestas en el Consenso de Washington sobre el papel del Estado, prueba de ello es que la participación del Estado en las actividades económicas queda limitada en el artículo 59 Rol Económico del Estado y el artículo 60 Pluralismo económico de la Constitución Política del Perú. Bajo ese contexto, el desarrollo evolutivo de las APP en el Perú se remonta con la promoción de la inversión privada a principios de los 90 con el plan de privatizaciones.

Posteriormente, en 1999 es donde se otorgaron las concesiones que ya encajaban propiamente dentro del concepto de APP, siendo las primeras APP en Perú las de infraestructura de transporte como los Ferrocarriles del Sur y Sur Oriente, el Ferrocarril del Centro y el Terminal Portuario de Matarani; luego, en 2001 se otorgó en concesión el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, el principal aeropuerto del Perú.

Con la promoción de las APP, el Estado peruano inició la ejecución de un programa de concesiones mediante un esquema de contratos de construcción, operación y transferencia. Bajo este esquema, el sector privado construye y financia un proyecto de infraestructura y, luego, cobra una retribución a través del uso del servicio durante un periodo, al término de este la infraestructura se transfiere al Estado, con lo que se incrementa el stock de capital en infraestructura.

Es así que, desde la promulgación del Decreto Legislativo N° 1012 que aprueba la Ley Marco de las APP en 2008, el sector con mayores inversiones a través de APP ha sido el Sector Transporte. Así, al año 2021 los tipos de infraestructuras de transporte con mayor monto de inversiones reconocidas acumuladas han sido las vías férreas y carreteras con 6 018 millones de dólares (incluido IGV) y 4 988 millones de dólares (incluido IGV) respectivamente.

En particular se esperaba que, el incremento de inversión haya generado un incremento de la riqueza; al respecto, Vásquez y Bendezú (2008) y Levine y Renelt (1992) señalan que una mayor inversión en infraestructura de transporte conlleva a un mayor crecimiento económico. En primer lugar, está por sí misma incrementa la demanda de bienes y servicios. A su vez, más y mejor infraestructura de transporte promueven mayor conectividad y reducen los tiempos de viaje, lo cual lleva a un mayor bienestar para la población con la reducción de costos logísticos del transporte de carga.

Con el ahorro de tiempo y la mayor conectividad, los productores pueden tener mayor acceso a más mercados, así como a otros insumos, lo cual estimularía la producción generando un incremento del PBI. Asimismo, con la mayor conectividad se facilita el desplazamiento de la población generando un mayor acceso a los servicios de salud y educación, lo cual mejora su bienestar y calidad de vida, por lo que la inversión en infraestructura de transporte generaría desarrollo económico.

En el contexto antes descrito del incremento de la inversión reconocida acumulada de APP de infraestructura de transporte, se ha observado una evolución favorable de los indicadores asociados al bienestar y calidad de vida de la población peruana; entre 2008 y 2021 el PBI real, el ingreso promedio mensual proveniente del trabajo, la esperanza de vida al nacer, el promedio de años de estudios alcanzados por la población de 15 años a más, alumnos matriculados en el nivel de secundaria mostraron un incremento de 58%, 49%, 4%, 7% y 5% respectivamente; mientras que, la tasa de mortalidad infantil por cada 1000 nacidos vivos mostró una reducción de 29%.

Lo anteriormente expuesto revela una relación entre la inversión de las APP de infraestructura de transporte y los indicadores económicos, de salud y educación asociados al desarrollo económico. Ante esta situación, el presente artículo tiene como objetivo determinar el impacto de las inversiones de las APP según el tipo infraestructura de transporte sobre el desarrollo económico del Perú durante el periodo 2008 – 2021.

De la revisión de la literatura asociada a las infraestructuras de transporte y desarrollo económico se encontró que, entre las principales metodologías empleadas para determinar el impacto de la infraestructura de transporte sobre el desarrollo económico, algunas han utilizado modelos econométricos para estimar como funciones de producción con alguna variable de control (Nannan, *et al*, 2012; Yasir, *et al*, 2017; Chang y Castro, 2018; Flores y Chang, 2020; Chen, 2021 y Zhang y Cheng, 2023) y otros mediante el análisis multivariado (Hong, *et al*, 2011; Pradhan y Bagchi, 2013; Badalyan, *et al*, 2014; Maparu y Mazumder, 2017; Shi, *et al*, 2017; Alam, *et al*, 2021) ya sea un contexto de datos panel o de series de tiempo.

Una de las características relevantes de las investigaciones revisadas es que consideran como indicador de la variable desarrollo al Producto Bruto Interno (sea real y/o per cápita) y no analizan otros indicadores no monetarios. A su vez, la mayoría de los modelos no analizan de manera conjunta el impacto de los tipos de infraestructura sobre el desarrollo económico, es decir dentro de los modelos estimados no incluyen la mayoría de los tipos de infraestructura como la de carreteras, vías férreas, aeroportuarias y portuarias.

Al respecto, Hong, *et al* (2011) y Mazumder (2017) analizan 3 tipos de infraestructuras, sin considerar vías férreas; Alam, *et al* (2021) analiza los 4 tipos de infraestructuras señaladas; mientras que, el resto de los estudios revisados analiza uno o dos tipos de infraestructuras, en su mayoría carreteras y vías férreas, de manera conjunta (Badalyan, *et al*, 2014; Hilde y Nazemzadeh, 2017; Amairia y Amairia, 2017; Shi, *et al*, 2017) y modelos por cada tipo de infraestructuras (Pradhan y Bagchi, 2013; Flores y Chang, 2020). Por su parte, Nannan, *et al* (2012), Yasir, *et al* (2017) y Chen (2021) analizan específicamente la inversión en infraestructura de transporte.

Por otro lado, con relación a la variable dependiente cuatro de los estudios han empleado el PBI real (Nannan, *et al*, 2012; Badalyan, *et al*, 2014; Yasir, *et al*, 2017; Zhang y Cheng, 2023), seis de ellos han empleado al PBI per cápita real (Hong, *et al*, 2011; Maparu y Mazumder, 2017; Shi, *et al*, 2017; Chang y Castro, 2018; Flores y Chang, 2020; Alam, *et al*, 2021), tres han empleado al PBI (Pradhan y Bagchi, 2013; Amairia y Amairia, 2017; Chen, 2021) y dos han empleado el PBI per cápita (Hilde y Nazemzadeh, 2017)

En cuanto a la infraestructura de aeropuertos, uno de los estudios ha empleado el tráfico de pasajeros (Maparu y Mazumder, 2017), dos han empleado el tráfico de carga (Maparu y Mazumder, 2017; Chao, *et al*, 2021), uno ha empleado el número de vuelos nacionales e internacionales (Alam, *et al*, 2021). Es relevante indicar que, la literatura que analiza el impacto de la infraestructura de aeropuertos en el desarrollo económico es escasa y de la revisada, emplean como indicador de infraestructura de aeropuertos factores de demanda (carga o pasajeros)

En cuanto a la infraestructura de puertos, dos de los estudios han empleado la carga manipulada en puerto (Maparu y Mazumder, 2017; Alam, *et al*, 2021) que es un componente de demanda, uno ha empleado la capacidad de manejo de oferta (Chao, *et al*, 2021) y uno ha empleado el Stock de capital real de maquinaria, equipo e infraestructura portuaria (Chang y Castro, 2018), notándose que al igual que en aeropuertos, la literatura es escasa.

En cuanto a la infraestructura de vías férreas, tres de los estudios han empleado la longitud de kilómetros de las vías férreas (Pradhan y Bagchi, 2013; Chao, *et al*, 2021; Alam, *et al*, 2021), dos han empleado la longitud de kilómetros de las vías férreas por millón de personas (Shi, *et al*, 2017; Chao, *et al*, 2021)

En cuanto a la infraestructura de carreteras, tres de los estudios han empleado la longitud de kilómetros de las vías (Pradhan y Bagchi, 2013; Maparu y Mazumder, 2017; Alam, *et al*, 2021); dos han empleado la longitud de kilómetros de las vías pavimentadas (Flores y Chang, 2020; Chao, *et al*, 2021) y dos han empleado la longitud de kilómetros de las vías por millón de personas (Shi, *et al*, 2017; Chao, *et al*, 2021)

Se puede observar que, de la literatura revisada la mayoría analizan el impacto de la infraestructura de las vías férreas y carreteras sobre el desarrollo económico, es así que algunos estudios analizan de manera conjunta estos tipos de infraestructuras. Al respecto, Badalyan, *et al* (2014) analizan las mercancías transportadas, los pasajeros y la longitud de kilómetros de las vías férreas y carreteras; Hilde y Nazemzadeh (2017) y Amairia y Amairia (2017) analizan la longitud de kilómetros de las vías férreas y carreteras; Pradhan y Bagchi (2013) y Zhang y Cheng (2023) mediante un ACP analizan la longitud de kilómetros de las vías férreas y carreteras de manera conjunta.

Adicionalmente, se tiene el estudio de Hong, *et al* (2011) que analiza cada una de las infraestructuras antes mencionadas, empleando un Análisis Factorial con indicadores asociados a los tipos de infraestructuras.

Por otro lado, se tienen estudios que introducen en el análisis componentes de mano de obra, como la densidad de población (Hong, *et al*, 2011), número de empleos en el sector infraestructura (Chen, 2021) y la población total (Zhang y Cheng, 2023); tres estudios que introducen la formación bruta de capital (Pradhan y Bagchi, 2013; Badalyan, *et al*, 2014; Zhang y Cheng, 2023); un estudio que introduce las exportaciones (Alam, *et al*, 2021)

Respecto a la metodología empleada, la mayoría de los estudios han realizado un análisis de cointegración con un modelo de corrección de errores (VECM), dentro de los cuales cinco lo han realizado en un contexto de panel de datos, cuatro de ellos con la ecuación de cointegración (Nannan, *et al*, 2012; Yasir, *et al*, 2017; Shi, *et al*, 2017; Chang y Castro, 2018) y uno de ellos con ecuación única de cointegración con un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios Totalmente Modificados - FMOLS Panel (Badalyan, *et al*, 2014); asimismo, cinco de los estudios han realizado el análisis de cointegración con un modelo VECM en un contexto de series de tiempo, cuatro de ellos con la ecuación de cointegración (Pradhan y Bagchi, 2013; Maparu y Mazumder, 2017; Chao, *et al*, 2021; Zhang y Cheng, 2023) y uno de ellos con ecuación única de cointegración con un modelo FMOLS (Hilde y Nazemzadeh, 2017)

Por su parte, otro de los modelos empleados ha sido el Modelo Autorregresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL) en un contexto de series de tiempo, utilizado en tres de los estudios revisados (Amairia y Amairia, 2017; Flores y Chang, 2020; Alam, *et al*, 2021); en esa línea de series de tiempo, el estudio de Chao, *et al* (2021) empleó un análisis de cointegración con un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR). Por otro lado, en cuanto a las metodologías en un contexto de panel de datos, también se han empleado modelos como el modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios en Dos Etapas (MCO2E) con Efectos Fijos (Hong, *et al*, 2011) y un Análisis de Frontera Estocástica (Chen, 2021)

Los resultados empíricos en su mayoría analizan la causalidad a corto y largo plazo (Nannan, *et al*, 2012; Pradhan y Bagchi, 2013; Badalyan, *et al*, 2014; Maparu y Mazumder, 2017; Yasir, *et al*, 2017; Hilde y Nazemzadeh, 2017; Chang y Castro, 2018; Flores y Chang, 2020; Chao, *et al*, 2021; Alam, *et al*, 2021; Zhang y Cheng, 2023), seguido por aquellos que sólo analizan la causalidad en el largo plazo (Amairia y Amairia, 2017; Shi, *et al*, 2017); mientras que otros no analizan la causalidad (Hong, *et al*, 2011; Chen, 2021)

Respecto del sentido o dirección de la causalidad, no se ha identificado un consenso sobre el sentido entre los estudios empíricos, si bien la mayoría de los estudios identifican que el sentido va de la infraestructura de transporte hacia el desarrollo económico, algunos estudios muestran que el sentido es contrario y otros estudios encuentran

bidireccionalidad. Sobre el particular, en cuanto a la infraestructura de aeropuertos Maparu y Mazumder (2017) identificaron que en el largo plazo la dirección de la causalidad va de la infraestructura (medida mediante pasajeros y carga) hacia el desarrollo económico, mientras que, en el corto plazo no existe causalidad; Alam, *et al* (2021) encuentran que, en el corto plazo no existe causalidad, pero en el largo plazo la causalidad va de la infraestructura (medida mediante el número de vuelos nacionales e internacionales) hacia el desarrollo económico.

Por su parte, en cuanto a la infraestructura de puertos, Maparu y Mazumder (2017) identificaron que en el largo plazo la dirección de la causalidad va del desarrollo económico hacia la infraestructura (medida mediante la carga manipulada en puerto), mientras que en el corto plazo no existe causalidad; Chao, *et al* (2021) identificaron que en el corto plazo existe bidireccionalidad entre la infraestructura (medida mediante la capacidad de manejo de carga portuaria) y el desarrollo económico, mientras que, en el largo plazo no existe causalidad; Alam, *et al* (2021) identificaron que en el corto y largo plazo la dirección de la causalidad va de la infraestructura (medida mediante la carga manipulada en puerto) hacia el desarrollo económico; Chang y Castro (2018) encuentran bidireccionalidad en el corto plazo, mientras que en el largo plazo la causalidad va desde la infraestructura (medida mediante Stock de capital real de maquinaria, equipo e infraestructura portuaria) hacia el desarrollo económico.

En cuanto a la infraestructura de carreteras, Pradhan y Bagchi (2013) identificaron que tanto en el corto y largo plazo existe bidireccionalidad entre la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías) y el desarrollo económico; Maparu y Mazumder (2017) identificaron que tanto en el corto y largo plazo la dirección de la causalidad va del desarrollo económico hacia la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías); Shi, *et al* (2017) identificaron que en el largo plazo la dirección de la causalidad va de la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías por millón de personas) hacia el desarrollo económico; Flores y Chang (2020) identificaron que tanto en el corto y largo plazo la dirección de la causalidad va del desarrollo económico hacia la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías pavimentadas); Chao, *et al* (2021) identificaron que en el largo plazo la dirección de la causalidad va de la infraestructura (medida mediante los kilómetros por millón de personas) hacia el desarrollo económico; Alam, *et al* (2021) identificaron que en el corto plazo la causalidad va del desarrollo económico hacia la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías); mientras que en el largo plazo el sentido es inverso.

En cuanto a la infraestructura de vías férreas, Pradhan y Bagchi (2013) identificaron que tanto en el corto y largo plazo la dirección de la causalidad va de la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías) hacia el desarrollo económico; Shi, *et al* (2017) identificaron que en el largo plazo la causalidad va de la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías por millón de personas) hacia el desarrollo económico; Chao, *et al* (2021) identificaron que el corto plazo la dirección de la causalidad va del desarrollo económico hacia la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías), mientras que en el largo plazo la dirección de la causalidad va de la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías por millón de personas) hacia el desarrollo económico; Alam, *et al* (2021) identificaron que en el largo plazo la causalidad va de la infraestructura (medida mediante los kilómetros de vías) hacia el desarrollo.

Cabe señalar, que en los estudios que se analizan de manera conjunta la infraestructura como el de Zhang y Cheng (2023) que analiza infraestructura de carreteras (kilómetros), vías férreas (kilómetros) y aeropuertos (carga) en el corto plazo existe una causalidad bidireccional y en el largo plazo la causalidad va de la infraestructura de transporte hacia el desarrollo económico; asimismo, Alam, *et al* (2021) que analizan los cuatro tipos de infraestructuras, encuentra que en el largo plazo la dirección de la causalidad va de la infraestructura de transporte hacia el desarrollo económico.

Por su parte, los estudios que analizan la inversión en infraestructura de transporte encuentran diferentes sentidos de causalidad; al respecto, Nannan, *et al* (2012) y Yasir, *et al* (2017) encuentran que, a largo plazo, a nivel nacional la causalidad es unidireccional desde el desarrollo económico hacia la infraestructura de transporte, mientras que, a nivel regional, la causalidad es bidireccional en la región oriental (de mayor ingreso) y unidireccional desde el desarrollo económico hacia la infraestructura de transporte en las regiones del centro y occidente (de menores ingresos); a su vez los autores encuentran que en el corto plazo no existe causalidad.

Con relación a las elasticidades, son pocos los estudios que realizan el análisis mediante logaritmos de las variables o que muestren la ecuación de cointegración, algunos estudios como el de Pradhan y Bagchi (2013) solo muestran las pruebas de causalidad y el término de corrección de errores (ECM); a su vez, debido a que utilizan diferentes unidades de medida las elasticidades obtenidas no son directamente comparables; sin embargo, se puede observar que la elasticidad de la infraestructura de carreteras y vías férreas (kilómetros) de manera conjunta presenta valores de 0,08% (Badalyan, *et al*, 2014), 0,52% (Amairia y Amairia, 2017) y 0,55% (Hilde y Nazemzadeh, 2017)

Finalmente, la elasticidad de infraestructura de carreteras presenta valores de 1,32% (Flores y Chang, 2020) considerando kilómetros de vías pavimentados y 0,26% (Alam, *et al*, 2021) considerando kilómetros de vías; en cuanto a la elasticidad de infraestructura de vías férreas presenta valores de 0,22% (Shi, *et al*, 2017; Chao, *et al* 2021) considerando kilómetros de vías por millón de personas, 2,06% (Alam, *et al*, 2021) considerando kilómetros de vías.

De la problemática, del análisis situacional del Perú y de la revisión de la literatura en cuanto a infraestructura de transporte y desarrollo económico, el presente artículo plantea que el impacto de las inversiones de las APP de infraestructura de transporte sobre el desarrollo económico del Perú durante el periodo 2008 – 2021 es estadísticamente significativo y positivo; asimismo, plantea que existe causalidad unidireccional que va de la inversión de las APP de infraestructura de transporte hacia el desarrollo económico.

Tabla 1

Estudios que analizan la infraestructura de transporte y el desarrollo económico, 2011-2023

Autor	Frecuencia (Período)	Ciudad / Región	Variable	Causalidad CP	Causalidad LP	Elasticidad	Tipo	Metodología
Hong, <i>et al</i> (2011)	1998 - 2007	China	PBI per cápita real (yuan) Transporte terrestre (Ind. AF) Transporte aéreo (Ind. AF) Transporte acuático (Ind. AF) Densidad de Población (1000 personas por km ²) Inversión per cápita	--	--	NE 1.456*** 1.846 0.938*** 13.790 22.099***	Modelo Agregado	Efectos Fijos MCO2E Panel
Nannan, <i>et al</i> (2012)	1978 - 2008	China	PBI real K: Inversión en infraestructura de transporte real	Nacional ↔ Oriental ↔ Central ↔ Occidental ↔	Nacional PBI → K** Oriental K ↔ PBI*** Central PBI → K** Occidental PBI → K*	-- -- -- --	Modelo Agregado Modelo Nacional y Modelos Regionales	Cointegración y VECM Panel
Pradhan y Bagchi (2013)	1970 - 2010	India	PBI R: Carreteras (km) VF: Vías férreas (km) RVF: Carreteras y vías férreas K: Formación Bruta de Capital	R ↔ PBI*** VF → PBI** RVF → PBI*** K ↔ PBI**	R ↔ PBI*** VF → PBI*** RVF → PBI*** K ↔ PBI***	-- -- -- --	Modelos por infraestructura	Cointegración y VECM
Badalyan, <i>et al</i> (2014)	1982 - 2010	Armenia, Turquía y Georgia	PBI Real (USD \$) MCF: Mercancías transportadas por carretera y vías férreas PCF: Pasajeros transportados por carretera y vías férreas CF: Carretera y vías férreas (Km) K: Formación Bruta de Capital	MCF → PBI* PBI → PCF** PBI → CF*** K ↔ PBI*	MCF; PCF; CF; K → PBI***	0.30*** -0.02 0.08*** 0.03**	Modelo Agregado	Cointegración y VECM (Ecuación única) FMOLS (MCO Panel Totalmente Modificado)

Autor	Frecuencia (Período)	Ciudad / Región	Variable	Causalidad CP	Causalidad LP	Elasticidad	Tipo	Metodología
Maparu y Mazumder (2017)	1990 – 2001	India	PBI per cápita real R: Carreteras (km) PX: N° de pasajeros CA: Carga aérea (millones TM – km) CP: Carga manipulada en puerto (miles TM)	$PBI \rightarrow R$ *	$PBI \rightarrow R$ * $PX \rightarrow PBI$ * $CA \rightarrow PBI$ * $PBI \rightarrow CP$ *	--	Modelos por infraestructura	Cointegración y VECM
Yasir, et al (2017)	1982 – 2010	Pakistán	PBI real K: Inversión en infraestructura de transporte real	Nacional \leftrightarrow Regiones Desarrolladas \leftrightarrow Regiones Subd. \leftrightarrow	Nacional $PBI \rightarrow K$ *** Regiones Desarrolladas $K \leftrightarrow PBI$ ** Regiones Subd. $PBI \rightarrow K$ **	--	Modelo Agregado	Cointegración y VECM Panel
Hilde y Nazemzadeh (2017)	1980 – 2010	Bélgica	PBI per cápita CF: Carretera y vías férreas (Km)	$CF \rightarrow PBI$ ***	$CF \rightarrow PBI$ ***	0.55 ***	Modelo Agregado	Cointegración y VECM (Ecuación única) FMOLS (MCO Totalmente Modificado)
Amairia y Amairia (2017)	1980 – 2013	Túnez	PBI CF: Carretera y vías férreas (km)	--	$CF \rightarrow PBI$ ***	0.52 ***	Modelo Agregado	ARDL
Shi, et al (2017)	1990 – 2013	China	PBI per cápita real R: Carretera (km x millón de personas) VF: Vías Férreas (km x millón de personas)	--	$R; VF \rightarrow PBI$ ***	-0.108 0.218*	Modelo Agregado	Cointegración y VECM Panel
Chang y Castro, (2018)	2004 – 2016	Perú y Chile	-PBI per cápita real (USD \$) -K: Stock de capital real de maquinaria, equipo e infraestructura portuaria (USD \$)	$K \leftrightarrow PBI$ ***	$K \rightarrow PBI$ ***	NE 56.11***	Modelos por infraestructura	Cointegración y VECM Panel
Flores y Chang (2020)	1990 – 2016	Perú	-PBI per cápita real (soles) -K: Carreteras pavimentadas (Km)	$PBI \rightarrow K$ ***	$PBI \rightarrow K$ ***	1.324***	Modelos por infraestructura	ARDL
Chao, et al (2021)	2000 – 2017	China	PBI per cápita (yuan) A: Carga área (10 000 TM) C: Carreteras pavimentadas (Km) VF: Vías férreas (Km) P: Capacidad de manejo de carga portuaria (10 000 TM) R: Carretera (km x millón de personas) VF: Vías Férreas (km x millón de personas)	\leftrightarrow \leftrightarrow $PBI \rightarrow VF$ $P \leftrightarrow PBI$ *** -- --	\leftrightarrow -- \leftrightarrow -- $R; VF \rightarrow PBI$ ***	-- -- -- -- 0.108 0.218*	Modelos por infraestructura	Cointegración y VECM Cointegración y VAR Cointegración y VECM Cointegración y VAR

Autor	Frecuencia (Período)	Ciudad / Región	Variable	Causalidad CP	Causalidad LP	Elasticidad	Tipo	Metodología
Alam, et al (2021)	1971 – 2017	Pakistán	PBI per cápita real	↔		0.091*	Modelo Agregado	ARDL
			X: Exportaciones	$PBI \rightarrow R$		0.259*		
			R: Carreteras (km)	**	X; R; VF;			
			VF: Vías férreas (km)	↔	VNI; CP →	2.063***		
			VNI: N° de vuelos nacionales e internacionales	↔	PBI	0.095		
CP: Carga manipulada en puerto (TM)	$CP \rightarrow PBI$	**	0.145					
Chen (2021)	2003 – 2018	China	-PBI -L: N° de empleos en el sector infraestructura -K: Inversión en infraestructura	--	--	--	Modelo Agregado	Análisis de Frontera Estocástica
Zhang y Cheng (2023)	1970 – 2017	Reino Unido	PBI real Infra: Carretera (km); vías férreas electrificadas (km); carga transporte aéreo (millón TM – km) (ACP) K: Formación Bruta de Capital (%) L: Población total	$Infra \rightarrow PBI$ * $PBI \rightarrow Infra$ ***	$Infra \rightarrow PBI$ *	Infra) 1.293***	Modelo Agregado	Panel

Nota: Debido a que la mayoría de los estudios considera como variable de desarrollo económico al PBI, aquellos estudios que analizan el PBI como crecimiento económico han sido considerados como desarrollo económico.

*** Significativo al nivel del 1%, ** Significativo al nivel del 5% y * Significativo al nivel del 10%

ACP: Indica que se realizó la Técnica estadística de Análisis de Componentes Principales con las variables que se señalan
“” Denota causalidad unidireccional en el sentido de la fecha, “↔” denota causalidad bidireccional, mientras que “--” significa que no se evidenció relación causal entre las variables.

“--”La investigación revisada, no reporta la referida información.

CP: Corto plazo

LP: Largo plazo

VECM: Modelo de Corrección de Errores.

VAR: Modelo de Vectores Autorregresivos

MCO2E: Mínimos Cuadrados en dos Etapas.

NE: Los valores que se presentan no corresponden a las elasticidades

Ind. AF: Índice empleando Análisis Factorial con indicadores asociados a la variable.

MATERIAL Y MÉTODOS

Como se ha mencionado en la sección anterior, en primera instancia se realizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) para generar la variable de desarrollo económico (VDE) considerando los indicadores monetarios y no monetarios asociados a la salud y educación.

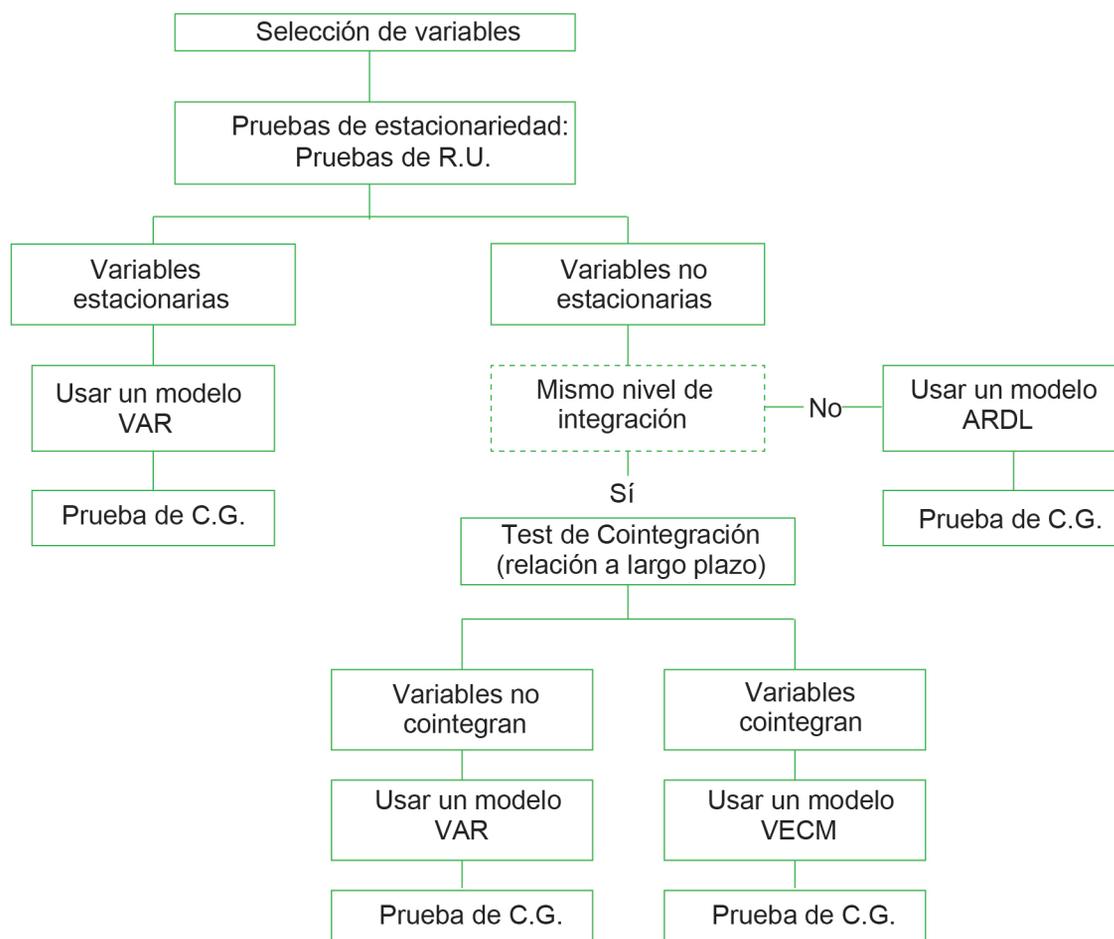
Al respecto, el ACP que se realizó consideró los indicadores monetarios y no monetarios asociados a la salud y educación. El ACP es una técnica estadística utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de variables; busca identificar las combinaciones lineales de las variables originales que explican la mayor parte de la varianza de los datos. El ACP considera los siguientes conceptos claves:

- Covarianza y matriz de covarianza: El ACP se basa en la matriz de covarianza, que es una medida de la relación lineal entre las variables en un conjunto de datos. La covarianza refleja cómo varían conjuntamente dos variables, indicando si tienden a moverse en la misma dirección (covarianza positiva) o en direcciones opuestas (covarianza negativa)

- ii. Vectores y valores propios: En el ACP, se calculan los vectores y valores propios de la matriz de covarianza (o matriz de correlación, dependiendo del enfoque utilizado). Los vectores propios representan las direcciones en las que los datos varían más, y los valores propios indican la cantidad de varianza explicada por cada componente principal.
- iii. Componentes principales: Son combinaciones lineales de las variables originales que se obtienen a partir de los vectores propios de la matriz de covarianza. Se ordenan en función de la cantidad de varianza que explican, de modo que el primer componente principal explica la mayor parte de la varianza, el segundo la siguiente mayor cantidad, y así sucesivamente.
- iv. Reducción de dimensionalidad: El objetivo principal del ACP es reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, es decir, representar la información con un número menor de variables. Al seleccionar un número adecuado de componentes principales, se puede capturar una proporción significativa de la varianza total de los datos, eliminando así la redundancia y el ruido en los datos.

Con la variable de desarrollo definida, se procedió a realizar el análisis de cointegración y Causalidad. En la Figura 1 se observa el procedimiento que se siguió para realizar el referido análisis, el cual parte desde la adecuada selección de variables, luego la evaluación de la estacionariedad, seguido de la prueba de cointegración, posteriormente la elección del modelo y finalmente la evaluación de la causalidad en el sentido de Granger.

Figura 1. Esquema para el análisis multivariado para series de tiempo y panel de datos



Nota: R.U.: Raíz unitaria, VAR: Vector Autorregresivo, VEC: Vector de Corrección de Error, C.G.: Causalidad en el sentido de Granger.

Fuente: Modificado de Maparu y Mazumder (2017)

De la revisión de literatura realizada, el análisis que mayormente se ha empleado para detectar la presencia de relaciones causales entre dos o más variables es la propuesta por Granger (1969)

De acuerdo con la metodología, una vez que se ha confirmado la existencia de una relación de cointegración, según lo planteado por Granger (1969), se deduce que al menos existe una relación de causalidad. Por medio de las pruebas de cointegración se puede determinar si las variables X e Y están cointegradas, pero no proporcionan información sobre si la relación causal es unidireccional o bidireccional. Para determinar la dirección de la causalidad, tanto a corto plazo como a largo plazo, es necesario estimar inicialmente un modelo de corrección de errores vectoriales (VECM, por sus siglas en inglés). Este modelo permite identificar la relación causal a largo plazo y, a partir de esta estimación, se puede determinar la relación causal a corto plazo mediante la prueba de causalidad de Granger (Engle y Granger, 1987)

En el presente artículo, se analiza la causalidad en el sentido de Granger entre las inversiones de las APP de infraestructura de transporte y el desarrollo económico. En una primera aproximación se realiza el análisis para un modelo agregado considerando como variables dependientes a la VDE y el PBI real y como variables explicativas la inversión reconocida acumulada total junto con las proporciones de las inversiones en aeropuertos, carreteras y puertos respecto del total, ello en un contexto de series de tiempo.

Luego de ello se realiza el análisis para modelos por tipo de infraestructura considerando como variables dependientes a VDE y PBI real y como variable explicativa el stock de capital para cada infraestructura, ello en un contexto de datos panel para las infraestructuras de aeropuertos, carreteras y puertos y en un contexto de series de tiempo para la infraestructura de vías férreas.

RESULTADOS

En el presente artículo para medir el desarrollo económico se ha empleado indicadores monetarios como el PIB real y el ingreso proveniente del trabajo (IPT) e indicadores no monetarios asociados a la salud como la esperanza de vida al nacer (EVN) y la tasa de mortalidad infantil (TMI) y asociados a la educación como el número de alumnos matriculados en educación secundaria (AMS) y promedio de años de estudio de la población mayor a 15 años (AE) a nivel nacional y departamental. Con relación a la inversión de las APP de infraestructura de transporte se ha considerado para el modelo agregado la inversión reconocida acumulada total (IRAT) en unidades monetarias y las proporciones de las inversiones en aeropuertos, carreteras y puertos respecto del total; y para los modelos por tipo de infraestructura el stock de capital en unidades monetarias.

Para ello, con la finalidad de determinar el impacto de las inversiones de las APP de infraestructura de transporte en el desarrollo económico del Perú durante el periodo 2008-2021, en una primera aproximación se analiza un modelo agregado a nivel nacional considerando a todas las infraestructuras de transporte¹; posteriormente, se analizan modelos para cada tipo de infraestructura a nivel de los departamentos donde se ubica la infraestructura considerando el stock de capital por concesión; en ambos casos se realiza el ACP para obtener la variable de desarrollo, a su vez, se estiman los modelos considerando como variable dependiente al PBI Real que representa el crecimiento económico. Cabe precisar que en todos los modelos se incluye como variable exógena a la Población Económicamente Activa Ocupada, como insumo de mano de obra.

El ACP con los indicadores monetarios (PBI real e IPT), no monetarios de salud (EVN y TMI) y no monetarios de educación (AMS y AE) arrojaron que el 83% de la información de todos los indicadores analizados se pueden explicar con un único componente, es decir la variable de desarrollo económico. En esa misma línea, el gráfico

1 La inversión en infraestructura de vías férreas se incluye de manera implícita con la inversión total.

de sedimentación arroja la misma conclusión de solo emplear un componente, debido a que el autovalor de un componente resulta mayor que 1.

Siguiendo la metodología presentada en la figura 1 con la selección de todas las variables, se procede a evaluar la estacionariedad. Para ello, se realizaron las pruebas de raíz unitaria de manera conjunta con las variables a incluir en el modelo agregado tanto con la variable de desarrollo económico y la variable de crecimiento económico, las cuales se presentan en la Tabla 2. Al respecto, la mayoría de las pruebas para las distintas especificaciones a los niveles de significancia de 1%, 5% o 10%² muestran que, las variables presentan raíz unitaria por lo que son no estacionarias; mientras que, cuando se analiza las variables en primeras diferencias, no existe la presencia de raíz unitaria, por lo que las variables son integradas de orden 1 (I(1)) por lo que son estacionarias en primeras diferencias.

Tabla 2
Pruebas de Raíz Unitaria
(En unidades)

Variables	Método	Especificación					
		Intercepto		Intercepto y tendencia		Ninguna	
		Niveles	Diferencias	Niveles	Diferencias	Niveles	Diferencias
	H ₀ : Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria común)						
LNVDE;	Levin, Lin y Chu t	7,80044	12,3463	14,0325	17,8862	2,79308	-6,73296***
IRAT; PAIR;	Breitung t-stat	--	--	-0,39766	-1,38236*	--	--
PROAD;	H ₀ : Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria individual)						
Pपोर्ट	Im, Pesaran and Shin W-stat	2,61200	-8,69994***	1,89012	-8,02782***	--	--
	ADF – Fisher Chi-cuadrado	12,5536	101,715***	11,8296	83,3516***	8,95684	103,699***
	H ₀ : Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria común)						
LNPBIR;	Levin, Lin y Chu t	7,80683	12,3257	14,0318	17,8877	2,88927	-6,73163***
IRAT;	Breitung t-stat	--	--	-0,37185	-1,38204*	--	--
PAIR;	H ₀ : Raíz unitaria (asume proceso de raíz unitaria individual)						
PROAD;	Im, Pesaran and Shin W-stat	2,62304	-8,72544***	1,88089	-8,02988***	--	--
Pपोर्ट	ADF – Fisher Chi-cuadrado	12,4290	101,960***	11,8297	83,3783***	8,95684	103,883***

LNVDE: Logaritmo natural de la Variable Desarrollo Económico; IRAT: Inversión Reconocida Acumulada Total; PAIR: Proporción de la inversión en infraestructura de aeropuertos; PROAD: Proporción de la inversión en infraestructura de carreteras; Pपोर्ट: Proporción de la inversión en infraestructura de puertos; LNPBIR: Logaritmo natural del PBI Real

Fuente: Elaboración propia

2 En adelante, cuando en los Tablas aparezcan "...", ".." y "." se refiere a que son estadísticamente significativos al 1%, 5% y 10% respectivamente.

Teniendo en cuenta que, todas las variables son I (1), siguiendo la metodología, se evaluó la relación de largo plazo mediante la prueba de cointegración Johansen (1988), con los criterios de la traza y el máximo valor propio, la cual se presenta en la Tabla 3. Al respecto, la prueba muestra que en todas las especificaciones existen por lo menos dos ecuaciones de cointegración tanto para el modelo de desarrollo económico como para el modelo de crecimiento económico, por lo que se evidencia una relación de largo plazo entre las variables analizadas.

Tabla 3

Pruebas de Cointegración de Johansen (número de ecuaciones de cointegración al nivel de significancia del 5% y de 1 a 2 rezagos)

(En unidades)

Variables	Tipo de prueba	Especificación					
		Sin intercepto ni tendencia en la EC y en la parte de las VD	Con intercepto en la EC, sin intercepto ni tendencia en la parte de las VD	Con intercepto en la EC y en la parte de las VD, sin tendencia lineal en ambas	Con intercepto y tendencia lineal en la EC, sin intercepto en la parte de las VD	Con intercepto y tendencia cuadrática en la EC, con intercepto en la parte de las VD	
LNVDE; IRAT; PAIR;	Traza	3	4	3	2	2	
PROAD; PPORT	Máximo autovalor	2	2	2	2	2	
LNPBIR; IRAT; PAIR;	Traza	3	4	3	2	2	
PROAD; PPORT	Máximo autovalor	2	2	2	2	2	

LNVDE: Logaritmo natural de la Variable Desarrollo Económico; IRAT: Inversión Reconocida Acumulada Total; PAIR: Proporción de la inversión en infraestructura de aeropuertos; PROAD: Proporción de la inversión en infraestructura de carreteras; PPORT: Proporción de la inversión en infraestructura de puertos; LNPBIR: Logaritmo natural del PBI Real; EC: Ecuación de Cointegración; VD: Variables Diferencias

Fuente: *Elaboración propia*

En la Tabla 4 se presenta los resultados de las ecuaciones de cointegración y VECM, así como los resultados de la causalidad en el sentido de Granger en el corto y largo plazo (ECM).

Los resultados muestran que, al nivel de significancia del 1% se rechaza la hipótesis nula de que la inversión de las APP de infraestructura de transporte (Inversión Reconocida Acumulada Total, proporción de la inversión en infraestructura de aeropuertos, proporción de la inversión en infraestructura de carreteras y proporción de la inversión en infraestructura de puertos) no causa el desarrollo económico en el corto plazo. Asimismo, se aprecia que el ECM que van de la inversión de las APP de infraestructura de transporte hacia el desarrollo económico, es negativo y estadísticamente significativo al 1%, por lo que se presentaría el ajuste hacia el equilibrio en largo plazo (convergencia); cabe señalar que, se llega a la misma inferencia con el crecimiento económico.

Tabla 4

Ecuaciones de cointegración y modelos de corrección de errores (VECM)
(En unidades)

Desarrollo económico		Crecimiento económico	
<i>Ecuación de cointegración</i>		<i>Ecuación de cointegración</i>	
LNVDE (-1)	1,0000	LNPBIR (-1)	1,0000
IRAT (-1)	-0,019718*** (0,00331)	IRAT (-1)	-0,021068*** (0,00374)
PAIR (-1)	-1,056811*** (0,33939)	PAIR (-1)	-1,198947*** (0,38346)
PROAD (-1)	-0,928309*** (0,25206)	PROAD (-1)	-1,006028*** (0,28479)
PPOINT (-1)	-1,317001*** (0,21874)	PPOINT (-1)	-1,252951*** (0,24713)
Corrección de Errores	D(LNVDE))	Corrección de Errores	D(LNPBIR))
ECM_t-1	-0,889678*** (0,05599)	ECM_t-1	-0,798400*** (0,05046)
LNPEAO	0,815160*** (0,05107)	LNPEAO	0,860650*** (0,05417)
Causalidad de corto plazo			
<i>Resto de variables</i> →D(LNVDE) 34,09357***		<i>Resto de variables</i> →D(LNPBIR) 26,07990***	

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los impactos de las inversiones de las APP de infraestructura de transporte para cada tipo de infraestructura en el largo plazo, se observa en la ecuación de cointegración de la Tabla 5 que todos los coeficientes de las variables analizadas, tanto para el modelo de desarrollo y crecimiento económico presentan los signos esperados y son estadísticamente significativos al 1%.

Estos impactos del modelo agregado, como se ha mencionado en las secciones anteriores, son una primera aproximación, por lo que no son directos debido a que las proporciones de las inversiones de las infraestructuras contienen a la inversión total. No obstante, de los cálculos realizados se identificó que el impacto de la inversión de las APP de infraestructura de puertos es mayor que en aeropuertos, carreteras y vías férreas, considerando ese orden.

Es así que, un incremento de mil millones de soles en la inversión de APP de infraestructura de transporte generaría un impacto en el desarrollo económico en más de 1,97%, si es que este incremento de inversión se realiza en infraestructura de puertos el impacto en el Desarrollo ascendería a 3,5%, si es en aeropuertos un impacto de 2,8%, si es en carreteras un impacto de 2,5% y si es en vías férreas un impacto de 0,2%. A su vez, un incremento de mil millones de soles en la inversión de APP de infraestructura de transporte generaría un impacto en el PBI real en más de 2,11%, si es que este incremento de inversión se realiza en infraestructura de puertos el impacto en el PBI real ascendería a 3,4%, si es en aeropuertos un impacto de 3,2%, si es en carreteras un impacto de 2,7% y si es en vías férreas un impacto de 0,3%.

A continuación, se presentan los resultados de las ecuaciones de cointegración y VECM para cada tipo de infraestructura considerando el stock de capital; así como, el análisis de causalidad en el sentido de Granger en el

corto y largo plazo. Cabe precisar que para la estimación de los modelos se procedió de la misma manera que en el modelo agregado, en primera instancia realizando el ACP, donde los resultados arrojaron que para representar a todos los indicadores solo se necesita un componente, es decir la variable de desarrollo económico. Seguido de ello se realizó el análisis de estacionariedad, donde los resultados arrojan que no existe suficiente evidencia que indique que las variables son estacionarias, por lo que son integradas de orden 1 ($I(1)$); en cuanto a la evaluación de la cointegración, se encontró que existe por lo menos una ecuación de cointegración para cada una de las infraestructuras de transporte.

Tabla 5

Ecuaciones de cointegración y modelos de corrección de errores (VECM) para el desarrollo económico, según tipo de infraestructuras, (En unidades)

Variable Dependiente	LNVDE			
Variables Independientes	Aeropuertos	Carreteras	Puertos	Vías Férreas
	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes
LNK	0,577199***	0,214424**	1,636699***	0,077093***
Constante	2,042098***	4,276512***	5,652152***	12,66612***
ECM (-1)	-0,401345***	-0,024351***	-0,022307*	-1,801183***
Coeficiente de Cointegración LP				
Variables Control	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes	Coefficientes
LNPEAO	0,182096***	0,039380***	--	0,663808***
COVID	-0,106851***	-0,152144***	-0,144340***	-0,116132***
Causalidad de CP Granger				
Capital --> Desarrollo	6,920932**	1,360208	40,14155***	8,944772**
Desarrollo --> Capital	0,465252	0,698472	7,972543	0,593426

LNK: logaritmo natural del stock de capital; LNPEAO: Población económicamente activa ocupada; COVID: variable Dummy que representa al año 2020

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que, existe causalidad de corto y largo plazo que va de la inversión de las APP de infraestructura de aeropuertos, puertos y vías férreas hacia el desarrollo y crecimiento económico; mientras que, solo existe causalidad de largo plazo que va de la inversión de las APP de infraestructura de carreteras hacia el desarrollo y crecimiento económico.

A su vez, en los modelos estimados (a excepción del caso de puertos) se observa que, la PEA ocupada influye de manera positiva sobre el desarrollo y crecimiento económico, mientras que, al analizar la COVID-19 esta influyó de manera negativa sobre el desarrollo y crecimiento económico, siendo ambos efectos estadísticamente significativos.

Tabla 6

Ecuaciones de cointegración y modelos de corrección de errores (VECM) para el crecimiento económico, según tipo de infraestructuras, (En unidades)

Variable Dependiente	LNPBIR			
	Aeropuertos	Carreteras	Puertos	Vías Férreas (Metro de Lima)
Variables Independientes	Coeficientes	Coeficientes	Coeficientes	Coeficientes
LNK	0,577202***	0,214200**	1,636777***	0,077094***
Constante	3,605777***	5,782995***	7,272492***	14,16013***
ECM (-1)	-0,401353***	-0,024362***	-0,022300*	-1,801234***
Coeficiente de Cointegración LP				
Variables Control	Coeficientes	Coeficientes	Coeficientes	Coeficientes
LNPEA_O	0,182104***	0,039415***	--	0,663840***
Covid	-0,106850***	-0,152145***	-0,144333***	-0,116142***
Causalidad de CP Granger				
Capital --> PBIR	6,921157**	1,359672	40,13758***	8,944786**
PBIR --> Capital	0,465260	0,697750	7,974954	0,593377

LNK: logaritmo natural del stock de capital; LNPEAO: Población económicamente activa ocupada; COVID: variable Dummy que representa al año 2020

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

El presente artículo tuvo como objetivo determinar el impacto de las inversiones de las APP de infraestructura de transporte en el desarrollo económico del Perú durante el periodo 2008-2021. Para ello, se construyó una variable de desarrollo económico mediante un Análisis de Componentes Principales empleado indicadores monetarios como el PIB real y el Ingreso Proveniente del Trabajo e indicadores no monetarios asociados a la salud como la esperanza de vida al nacer y la tasa de mortalidad infantil y asociados a la educación como el número de alumnos matriculados en educación secundaria y promedio de años de estudio de la población mayor a 15 años a nivel nacional y departamental, según corresponda. La metodología utilizada es la de análisis de cointegración empleando un modelo de corrección de errores y un análisis de causalidad en el sentido de Granger, en el contexto de series de tiempo y datos panel.

El estudio aporta a la literatura empírica del sector, debido a que considera indicadores monetarios y no monetarios para la variable de desarrollo económico mediante un Análisis de Componentes Principales, a diferencia de los estudios existentes que emplean indicadores monetarios como el PBI para representar al desarrollo económico; a su vez, se estima un modelo agregado considerando las inversiones de las APP de infraestructura de transporte empleando una misma unidad de medida; asimismo, se estima las elasticidades del stock de capital de cada infraestructura de transporte, lo cual permite hacer una comparación directa de los impactos de cada tipo de infraestructura sobre el desarrollo económico.

La evidencia empírica muestra que, un incremento de 1% de la inversión de las APP de infraestructura de puertos genera un aumento del desarrollo económico en 1,64%, un incremento de 1% de la inversión de las APP de infraestructura de aeropuertos genera un aumento del desarrollo económico en 0,58%, un incremento de 1% de la inversión de las APP de infraestructura de carreteras genera un aumento del desarrollo económico en 0,21% y un incremento de 1% de la inversión de las APP de infraestructura de vías férreas genera un aumento del desarrollo económico en 0,08%.

En cuanto al sentido de la causalidad, los resultados muestran que existe una causalidad de corto plazo unidireccional que va de la inversión de las APP de infraestructura de aeropuertos hacia el desarrollo económico, lo cual no se encuentra alineado con Maparu y Mazumder (2017) y Alam, *et al* (2021) quienes encuentran que en el corto plazo no existe causalidad. A su vez, los resultados muestran que, existe una causalidad de largo plazo unidireccional que va de la inversión de las APP de infraestructura de aeropuertos hacia el desarrollo económico, lo cual sí se encuentra alineado con Maparu y Mazumder (2017) y Alam, *et al* (2021), sin embargo, para medir el impacto de la infraestructura los primeros autores emplean pasajero y carga y los otros autores emplean el número de vuelos nacionales e internacionales.

Asimismo, se evidencia que existe una causalidad de corto plazo unidireccional que va de la inversión de las APP de infraestructura de puertos hacia el desarrollo económico, lo cual no se encuentra alineado con Maparu y Mazumder (2017) quienes encuentran que no existe causalidad, ni tampoco con lo encontrado por Chao, *et al* (2021) y Chang y Castro (2018) quienes encuentran bidireccionalidad; mientras que, los resultados sí se alinean con lo encontrado por Alam, *et al* (2021), aunque estos autores para medir el impacto de la infraestructura emplean la carga manipulada en puerto. A su vez, los resultados muestran que, existe una causalidad de largo plazo unidireccional que va de la inversión de las APP de infraestructura de puertos hacia el desarrollo económico, lo cual no se encuentra alineado con Maparu y Mazumder (2017) quienes encuentran que la causalidad va en el sentido inverso, ni tampoco con lo encontrado por Chao, *et al* (2021) quienes encuentran que no existe causalidad; mientras que, los resultados sí se alinean con lo encontrado por Chang y Castro (2018) quienes emplean el stock de capital real de maquinaria, equipo e infraestructura portuaria y con Alam, *et al* (2021).

Respecto de la infraestructura de carreteras, se evidencia que no existe una causalidad de corto plazo, lo cual no se encuentra alineado con Pradhan y Bagchi (2013), Maparu y Mazumder (2017), Flores y Chang (2020) y Alam, *et al* (2021) quienes encuentran que sí existe causalidad. A su vez, los resultados muestran que, existe una causalidad de largo plazo unidireccional que va de la inversión de las APP de infraestructura de carreteras hacia el desarrollo económico, lo cual no se encuentra alineado con Pradhan y Bagchi (2013) quienes encuentran bidireccionalidad, ni tampoco con lo encontrado por Maparu y Mazumder (2017), Flores y Chang (2020) y Alam, *et al* (2021), quienes encuentran que la causalidad va en el sentido inverso; mientras que, los resultados sí se alinean con lo encontrado por Shi, *et al* (2017) y Chao, *et al* (2021), sin embargo, para medir el impacto de la infraestructura ambos grupos de autores emplean los kilómetros de carreteras por millón de personas.

Con relación a la infraestructura de vías férreas, se evidencia que existe una causalidad de corto plazo unidireccional que va de la inversión de las APP de infraestructura de vías férreas hacia el desarrollo económico, lo cual no se encuentra alineado con Chao, *et al* (2021) quienes encuentran que la causalidad va en el sentido inverso; mientras que, los resultados sí se alinean con lo encontrado por Pradhan y Bagchi (2013), aunque estos autores para medir el impacto de la infraestructura emplean los kilómetros de vías. A su vez, los resultados muestran que, existe una causalidad de largo plazo unidireccional que va de la inversión de las APP de infraestructura de vías férreas hacia el desarrollo económico, lo cual se encuentra alineado con Pradhan y Bagchi (2013), Chao, *et al* (2021), Shi, *et al* (2017), y Alam, *et al* (2021), sin embargo, estos autores emplean los kilómetros de vías (los dos primeros grupos de autores) y los kilómetros de vías por millón de personas (el resto de grupo de autores).

Finalmente, se recomienda que para futuras investigaciones relacionadas a las APP se enfoquen en otros sectores diferentes al de transporte, como el sector energía y comunicaciones que son sectores que han tenido inversiones significativas a través del mecanismo de las APP, seguido del sector transporte.

REFERENCIAS

- Alam, K., Li, X., Baig, S., Ghanem, O., y Hanif, S. (2021). Causality between transportation infrastructure and economic development in Pakistan: An ARDL analysis. *Research in Transportation Economics*, 88, September. doi:<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100974>
- Albújar, A. (2016). Medición del impacto en la economía de la inversión en infraestructura público-privada en países en vías de desarrollo. Aplicación a la economía peruana [Tesis doctoral, Universitat Ramon Llull de Barcelona]
- Amairia, R., y Amaira, B. (2017). Transport Infrastructure and Economic Growth: New Evidence from Tunisia an ARDL Bounds Testing Approach. *Journal of Infrastructure Development*, 9(2), 98-112, December.
- Badalyan, G., Herzfeld, T., y Rajcaniova, M. (2014). Transport infrastructure and economic growth: Panel data approach for Armenia, Georgia and Turkey. *Leibniz Information Centre for Economics*, 22-31, October.
- Chang, V., y Castro, F. (2018). Infraestructura portuaria y crecimiento económico regional en la Costa Oeste del Pacífico Sur: Un análisis de causalidad de Granger. *Revista de Análisis Económico y Financiero*, 1(1), 43-52, diciembre.
- Chao, W., Yul-Seong, K., y Chi, Y. K. (2021). Causality between logistics infrastructure and economic development in China. *Transport Policy*, 100, 49-58, January. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.10.005>
- Chen, B. (2021). Public–Private Partnership Infrastructure Investment and Sustainable Economic Development: An Empirical Study Based on Efficiency Evaluation and Spatial Spillover in China. *Sustainability*, 13(15), July. doi:<https://doi.org/10.3390/su13158146>
- Engle, R.F. y Granger, C.W. (1987) Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing, *Econometrica*, 55(2), 251–276, March.
- Flores, A. y Chang, R. (2020). Relación entre la demanda de transporte y el crecimiento económico: Análisis dinámico mediante el uso del modelo ARDL. *Cuadernos de Economía*, 43, 145-163, agosto. Obtenido de <https://doi.org/10.32826/cude.v42i122.123>
- Granger, C.W.J. (1969) Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, *Econometrica*, 37(3), 424-438, July.
- Hilde, M., y Marzieh, N. (2017). The contribution of transport infrastructure to economic activity: The case of Belgium. *Case Studies on Transport Policy*, 5, 316-324, June. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cstp.2017.03.009>
- Hong, J., Chu, Z., y Wang, Q. (2011). Transport infrastructure and regional economic growth: evidence from China. *Transportation*, 38, 737–752, September. doi:<https://doi.org/10.1007/s11116-011-9349-6>
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254, June – September.
- Levine, R., y Renelt, D. (1992). A Sensitivity Analysis of Cross-Country Growth Regressions. *The American Economic Review*, 82(4), 942–963, September. <http://www.jstor.org/stable/2117352>
- Maparu, T., y Mazumder, T. (2017). Transport infrastructure, economic development and urbanization in India

- (1990–2011): Is there any causal relationship. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 100, 319-336, June. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.04.033>
- Nannan, Y., Martin, D. J., Servaas, S., y Jianing, M. (2012). Transport Infrastructure, Spatial Clusters and Regional Economic Growth in China. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 32(1), 3-28, January. doi:<https://doi.org/10.1080/01441647.2011.603104>
- OSITRAN (2021) *Anuario Estadístico 2021*. Publicaciones OSITRAN. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3763360/anuario-estadistico-ositran-2021.pdf?v=1666028345>
- PNUD (2016) *Informe sobre Desarrollo Humano 2016*. Washington DC, Estados Unidos: Communications Development Incorporated.
- Pradhan, R., y Bagchi, T. (2013). Effect of transportation infrastructure on economic growth in India: The VECM approach. *Research in Transportation Economics*, 38, 139-148, February. doi:<https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.05.008>
- Romer, P., 1986, Increasing Returns and Long-Run Growth, *Journal of Political Economy* 94(5), October.
- Rosas, P., y Sánchez, R., (2004), “*Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual*”, serie Recursos Naturales e Infraestructura, N° 75, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Sánchez, R., y Wilmsmeier, G. (2005), “*Provisión de infraestructura de transporte en América Latina: experiencia reciente y problemas observados*”, serie Recursos Naturales e Infraestructura, N° 94, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Sánchez, R., Jaimurzina, A., Wilmsmeier, G., Pérez, G., Doerr, O., y Pinto, F., (2015), “*Transporte marítimo y puertos Desafíos y oportunidades en busca de un desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe*”, serie Recursos Naturales e Infraestructura, N° 176, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Sánchez, R., Lardé, J., Chauvet, P., y Jaimurzina, A. (2017), “*Inversiones en infraestructura en América Latina*”, serie Recursos Naturales e Infraestructura, N° 187, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Shi, Y., Guo, S., y Sun, P. (2017). The role of infrastructure in China’s regional economic growth. *Journal of Asian Economics*, 49, 26-41, April. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asieco.2017.02.004>.
- Solow, R.M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94, February.
- The Economist Intelligence Unit [EIU]. 2019. *Evaluación del entorno para las Asociaciones Público-Privadas en América Latina y el Caribe: el Infrascopio 2019*. EIU, Nueva York (NY). Banco Interamericano de Desarrollo (BID)
- Urrunaga, R., y Aparicio, C. (2012). Infraestructura y crecimiento económico en el Perú. *Revista CEPAL* 107, agosto.
- Vásquez, A., y Bendezú, L. (2008). *Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico*



del Perú. Lima: Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES) y Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

Yasir, T. M., Aihu, W., y Abubakr, S. (2017). The impact of transportation infrastructure on economic growth: empirical evidence from Pakistan. *Transportation Letters*, 9(2), 63-69. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/19427867.2016.1165463>

Zhang, Y., y Cheng, L. (2023). The role of transport infrastructure in economic growth: Empirical evidence in the UK. *Transport Policy*, 133, 223-233, March. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.01.017>

Correo electrónico: ldelcarpioc@proinversion.gob.pe