

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**UN ENFOQUE DE LA COMPLEMENTARIEDAD DE LAS
INVERSIONES PRIVADAS Y PÚBLICAS EN LAS CONCESIONES DE
CARRETERAS Y SU IMPACTO EN LA ECONOMÍA PERUANA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN
ECONOMÍA**

AUTOR

RENZO JAIR VIDAL CAYCHO

ASESOR:

PAUL GONZALO CASTILLO BARDALEZ

Julio, 2018

RESUMEN

El presente trabajo hace un diagnóstico del impacto de las inversiones viales sobre el crecimiento económico. Para ello, se hace una reciente exploración de trabajos de investigación en el campo económico; el análisis de las principales experiencias en la región; así como mostrar de un sencillo análisis económico donde se establece la participación del Estado con el agente privado en este tipo de infraestructuras. Así, el principal objetivo es dilucidar cómo puede beneficiar a la sociedad la complementariedad entre ambas inversiones en las concesiones viales y su relación con el auge del ciclo económico peruano. Entre los trabajos que trascienden para demostrar dicha relación es el de Aschauer (1989), quien considera la existencia de una infraestructura vital para la población y cuyos efectos son la generación de una alta productividad en varios subsectores de la economía. Para demostrarlo, se realiza un análisis metodológico cuyos interesantes resultados es que las inversiones provengan de ambas partes más que hacerlas individualmente, definiéndose por un lado el grado de aporte que ellas deciden realizar y que son sumamente necesarias establecer para llevar a cabo el proyecto. Esto tiene como argumento principal que el sector público no tiene la capacidad para generar un servicio eficiente en el manejo de la infraestructura; mientras que por otro lado el sector privado asume altos costos de entrada; cuyos retornos son lentos y de largo aliento, viéndose reflejados en el incremento de la tarifa final que el usuario de la red vial abona al concesionario. Otra evidencia es que efectivamente existe una contribución de ambas partes dentro del crecimiento económico peruano, cuyos efectos son principalmente en el corto plazo, mostrándose además ciertas evidencias que es el gasto público el que genera un mayor impacto en las tasas de crecimiento de la economía peruana.

Contenido

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	4
CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.1 Exposición del problema determinado.....	6
1.2 Justificación.....	8
1.3 Objetivos	10
1.4 Variables e indicadores.....	10
CAPÍTULO II: LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA Y EL AUGES EN EL CICLO ECONÓMICO ..	11
2.1 Hechos estilizados.....	11
2.2 Experiencias en la región	19
2.2.1 Una mirada general de las inversiones en México	19
2.2.2 Las inversiones en Chile: Un caso de éxito	27
2.2.3 La experiencia en Perú en obras viales.....	32
2.3 Hipótesis de la investigación.....	37
2.3.1 Hipótesis general	37
2.3.2 Hipótesis secundaria.....	37
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	38
3.1 Conceptualizaciones: inversión de empresas privadas en concesiones de carreteras.....	38
3.2 Principales casos de concesiones viales en el Perú	41
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA.....	43
4.1 Objetivo del Modelo Económico	43
4.2 Breve reseña literaria.....	44
4.3 Presentación del modelo económico	46
4.3.1 Individuos	47
4.3.2 Firma	49
4.3.3 Gobierno	51
4.3.4 Equilibrio del modelo.....	52
4.3.5 Dinámica de transición del modelo	54
4.3.6 Tarifa óptima	56
4.4 Análisis estadístico y econométrico.....	58
4.4.1 Método y delineación del trabajo estadístico	58
4.4.2 Análisis estadístico de las variables	60
4.4.3 Estimación del modelo econométrico.....	64
4.4.4 Análisis de resultados	67

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	76



INTRODUCCIÓN

La construcción de carreteras con alcance nacional tiene como objetivo generar altos niveles de crecimiento económico en el Perú. Ello acorde con la vasta literatura económica analizada en el presente trabajo, dentro del cual varios de ellos prevén que la complementariedad entre las inyecciones de recursos públicos y de inversión privada en redes viales, mostraría su mejor efecto en el dinamismo económico en el tiempo.

Así, por un lado se muestra un enfoque económico de crecimiento desde un análisis endógeno donde se observa que la firma privada obtendrá incentivos de inversión en este tipo de infraestructuras de naturaleza monopólica, si existe una tarifa óptima que los genere. En el desarrollo de dicho modelo, el resultado de la tarifa óptima que generaría mayor crecimiento del capital privado sería aproximadamente de 38% de participación frente al total; mientras que el 62% de participación lo asumiría el Estado, asegurándose por consiguiente que él será el agente que contribuya más en el desarrollo del proyecto.

En tanto desde el lado empírico, se desarrolla un modelo econométrico de Vectores Autorregresivos (VAR) tomándose en cuenta al crecimiento económico, explicada por choques aleatorios al gasto público en redes viales así como a las inversiones privadas. Así, en el caso de una mayor inversión privada, la economía crecería en promedio 1% y cuyo efecto expansivo se aproximaría a 4 años. Mientras que por el lado del gasto público, crecería por encima del 1% pero que se expandiría solamente a 3 años.

Cabe señalar que dentro de las inversiones privadas en redes viales, éstas pueden clasificarse como nacionales o internacionales. En el caso de un aumento de 1% en inyección de capital nacional privado, la economía se expandiría 0.77%, en comparación a la extranjera que sería de 0.43%, debido en parte a proyectos muy focalizados. Ambas mejoran la satisfacción del consumidor hacia adelante por el mismo efecto trascendente de la conectividad vial.

El trabajo presenta en la primera sección experiencias recientes de inversiones viales dentro de la región, así como la hipótesis general y la secundaria. En la segunda sección un marco teórico que describe los principales conceptos y la historia reciente sobre los procesos de concesión de obras viales en el Perú.

En la tercera sección se presenta el objetivo del modelo económico, una breve reseña literaria y el modelo matemático y econométrico a utilizar para la demostración de la hipótesis, describiendo las variables e indicadores que permitan plasmar en cifras la investigación. Además, se presenta el análisis de los resultados a través de la descripción de las variables. Por último, en la cuarta y última sección se esbozan algunas conclusiones como recomendaciones.



CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Exposición del problema determinado

Un poco más de veinte años atrás, los gobiernos de países de Latinoamérica vieron la necesidad de trasladar la operatividad de muchas de sus infraestructuras, las cuales pasaron de ser operadas únicamente por manos públicas a ser actualmente acompañadas por empresas privadas, involucrándose tanto en sectores como transporte; energía; telecomunicaciones; saneamiento; entre otros; donde la figura de la concesión fue el principal modo de contratación.

En los últimos años de la década de los ochenta e inicios de los noventa, América Latina sufrió una de sus principales conversiones, pasando a ser economías de mercado. Dichas reformas, tanto en el aspecto macroeconómico como estructural, conllevaron también a poner énfasis a la asignación óptima de la inversión de infraestructuras, cuyo objetivo fue dar el impulso económico necesario que necesitaban las economías emergentes.

Estudios como Paredes (2009) enfatizaron que el factor principal detrás del bajo crecimiento económico de largo plazo en Latinoamérica en los últimos

40 años fue la falta de crecimiento de la Productividad Total de Factores¹ (PTF), observando que para incentivar el aumento de ésta era necesario que las inversiones fluyan hacia aquellas actividades con mayores ventajas comparativas, complementándose con el incremento de la inversión en infraestructura pública en general, debiendo por cierto, estar acompañado con mejoras en la eficiencia de la misma. Demostró que actualmente dicha eficiencia tenía una relación negativa (-0.65) respecto a la participación de la inversión pública frente al PBI, coincidente con la caída interanual de la PTF.

Sin embargo, la inversión en infraestructura pública como tal, tiene como destino distintos sectores, adicionalmente al de transporte, como los son comunicaciones, energía, saneamiento, educación, salud, entre otros. En una investigación reciente (Arpi, 2015) se demuestra que el incremento de la economía regional en el Perú ante las inversiones del Estado en sectores como educación, saneamiento (agua y desagüe), transporte y energía tiene un impacto positivo y estadísticamente significativo; no tanto en sectores como riego y comunicaciones el cual es decreciente; mientras que el sector salud simplemente no existe ningún efecto. En el caso específico de transporte, solamente invirtiendo 1% de recursos públicos en dicho sector, el crecimiento de las regiones sería 0.01%.

Trabajos adicionales como el de Ponce (2013) también demostraron la relación directa entre el gasto público y el aumento económico regional, con la salvedad de que la inversión privada denotó tener un mayor impacto tras una correcta administración de los recursos en los proyectos de inversión. Asimismo concluyó que inversiones privadas y públicas contribuyeron a una menor desigualdad en las regiones. Con un mayor detalle, el trabajo de Camones (2015) encontró que el desarrollo en infraestructura de transporte y de riego tiene un mayor impacto en zonas rurales, a diferencia de las zonas urbanas donde solamente la infraestructura de transporte prevalece.

Así, podría observarse que la inversión en infraestructura dirigida a la conectividad (transporte, energía, etc.) entre ciudades tiene más impacto

¹ Para Nikita Céspedes y otros (2015) analizaron que cuando la economía es más compleja y tiene más factores de producción (como el capital y el trabajo), se utiliza un indicador más complejo conocido como la productividad total de factores (PTF), término que resume la capacidad (o eficiencia) que tienen estos dos factores (capital y trabajo) de producir bienes y servicios de manera combinada.

que otro tipo de infraestructuras en general. En dicha línea, Webb (2013) dentro de sus hallazgos, demostró con evidencia empírica el efecto positivo que produce la mayor conectividad obtenida con la reciente aceleración productiva del sector rural tanto en el Perú como en otros países. Así, la mayor conectividad es resultado de una densificación y mejora de las carreteras, la masificación del internet y de celulares móviles, la concentración de la población producida por la migración del campo a los pueblos rurales, ente los principales.

Ante ello, el gobierno peruano viene realizando denodados esfuerzos para realizar a través de distintas entidades públicas² la adecuación de un sistema de licitaciones y buena pro de las futuras concesiones viales a nivel nacional³, a fin de disminuir el alto déficit de infraestructura vial estimada en US\$ 11,388 millones entre el período 2016 y 2020, según la Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN).

Así, surge como pregunta principal:

¿Por qué influye la relación de complementariedad entre inversión privada y pública en las infraestructuras viales sobre el crecimiento económico del Perú?

Mientras que la pregunta específica es:

¿Cómo las Inversiones privadas y públicas en infraestructuras viales pueden generar una mayor conectividad del país en el corto o largo plazo?

1.2 Justificación

Una de las prioridades que existe en todo los gobiernos nacionales es mantener en niveles altos el crecimiento económico del país para generar un mayor desarrollo social a futuro. Como se mencionó anteriormente, la inversión en infraestructura (cual sea el sector económico) tiene un impacto positivo sobre el dinamismo económico por lo que es de vital importancia ampliar las investigaciones sobre su verdadero efecto dentro de la economía

² La Agencia de Promoción para la Inversión (PROINVERSION); el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y el Organismo Supervisor de las Inversiones en Infraestructura de Transporte (OSITRAN).

³ Estos contratos de concesión básicamente se diseñan para que se elija al mejor postor, que a futuro brinde la calidad necesaria, modernización y cobertura para el desarrollo de dos factores esenciales: incremento en los flujos de comercio y el mayor arribo de turístico a nivel nacional.

peruana y cómo las inversiones tanto privadas como públicas en redes viales específicamente desarrollarán mayor conectividad vial dentro del territorio peruano en los próximos años.

En el Cuadro 1, en detalle se observa que la brecha en infraestructura en el Perú es muy elevada. Si se refleja el porcentaje de la brecha de mediano plazo en infraestructura en términos del Producto Bruto Interno del 2016, éste fue de 46% aproximadamente. Al observar en el largo plazo dicha brecha, claramente esta cifra se duplica en el total de lo que se debe construir en infraestructura a nivel nacional.

Cuadro 1

**Perú: Brecha de infraestructura de mediano y largo plazo
(Millones de US\$ al 2015)**

Sectores	Brecha Mediano Plazo 2016 - 2020	Brecha 2021 - 2025	Brecha Largo Plazo 2016 - 2025
Agua y Saneamiento	6,970	5,282	12,252
Agua potable	1,625	1,004	2,629
Saneamiento	5,345	4,278	9,623
Telecomunicaciones	12,603	14,432	27,035
Telefonía móvil	2,522	4,362	6,884
Banda ancha	10,081	10,070	20,151
Transporte	21,253	36,246	57,498
Ferrocarriles	7,613	9,370	16,983
Carreteras	11,184	20,667	31,850
Aeropuertos	1,419	959	2,378
Puertos	1,037	5,250	6,287
Energía	11,388	19,387	30,775
Salud	9,472	9,472	18,944
Educación	2,592	1,976	4,567
Inicial	1,037	585	1,621
Primaria	137	137	274
Secundaria	1,418	1,254	2,672
Hidráulico	4,537	3,940	8,477
TOTAL	68,815	90,735	159,548

Fuente: Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional

Ante ello, se propone una investigación que analice cuáles han sido los principales avances de investigación en los últimos años sobre inversiones viales y crecimiento económico, así como plantear un sencillo modelo

económico que ejemplifique la complementariedad entre ambos agentes, sector privado y sector público, en lo que respecta a la infraestructura vial; y cómo esta relación se muestra tanto en el corto y de largo plazo.

1.3 Objetivos

Se tiene como objetivo principal:

- ✓ Analizar la relación de complementariedad entre inversión privada y pública en las infraestructuras viales sobre el crecimiento económico del Perú.

Mientras que como objetivo secundario:

- ✓ Identificar si las Inversiones privadas y públicas en infraestructuras viales pueden generar una mayor conectividad del país en el corto o largo plazo.

1.4 Variables e indicadores

Tabla 1

Operatividad de las Variables		
Preguntas de Investigación	VARIABLES	INDICADORES
¿Por qué influye la relación de complementariedad entre inversión privada y pública en las infraestructuras viales sobre el crecimiento económico del Perú?	<ul style="list-style-type: none"> • El crecimiento de la inversión de capital en un momento determinado 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifas de los peajes • Elasticidades de la inversión privada nacional e internacional
¿Cómo las Inversiones privadas y públicas en infraestructuras viales pueden generar una mayor conectividad del país en el corto o largo plazo?	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento Económico Peruano • Inversión privada • Inversión pública 	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno • Inversión extranjera directa al sector transporte • Formación bruta de capital en el sector transporte

Elaboración propia



CAPÍTULO II: LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA Y EL AUGE EN EL CICLO ECONÓMICO

2.1 Hechos estilizados

De acuerdo a diferentes estudios realizados, los cuales se detallarán más adelante, se puede observar que las inversiones en infraestructura son importantes analizarlos ya que por un lado se observó que hay una relación directa con el crecimiento de largo plazo, empero también eleva la productividad de varios sectores económicos. Una de las formas de palpar dicha contribución de las inversiones hacia la infraestructura es a través de la Inversión Extranjera Directa (IED) en América Latina y El Caribe (ALC).

Como se observa en la Figura 1, pese a la crisis financiera del 2009, hubo un crecimiento posterior muy corto pero que luego desde el 2011 se ha venido manteniendo en niveles promedio de 2.6% respecto al PBI, debido a las reformas realizadas en distintos países principalmente en sectores económicos claves e involucrados directamente al crecimiento económico global.

En el caso peruano, la IED mostró una franca evolución positiva entre los años 2003 al 2012, creciendo aproximadamente 28% en dicho período, presentando un 3.9% como porcentaje del PBI en promedio. Después de dicho período, se mantuvo en niveles altos, representando en promedio 4.5% respecto al PBI, pero con un crecimiento bastante bajo respecto al anterior período de análisis (3% por año) (ver Figura 2).

Figura 1

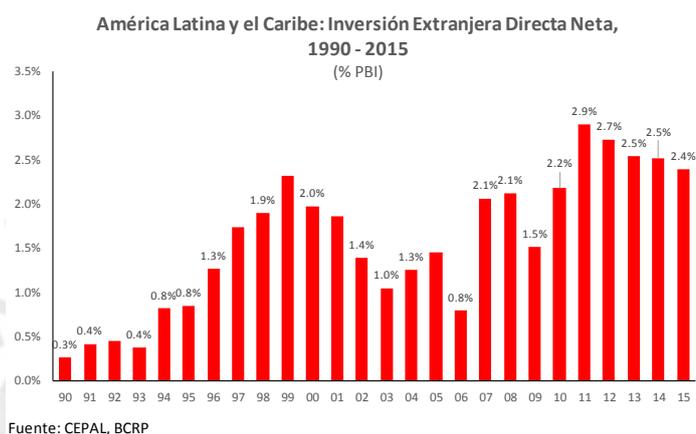


Figura 2

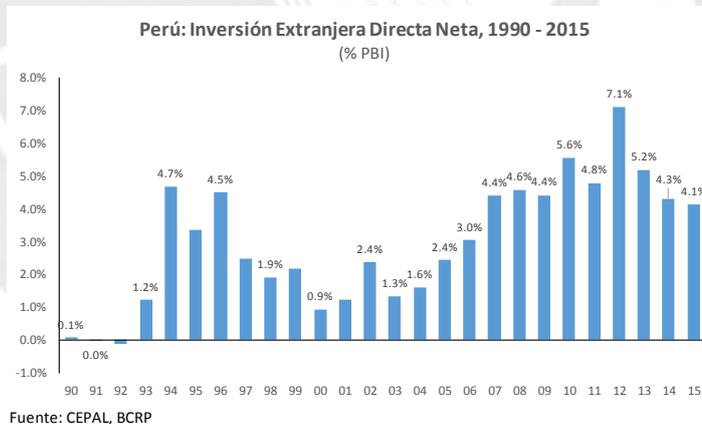
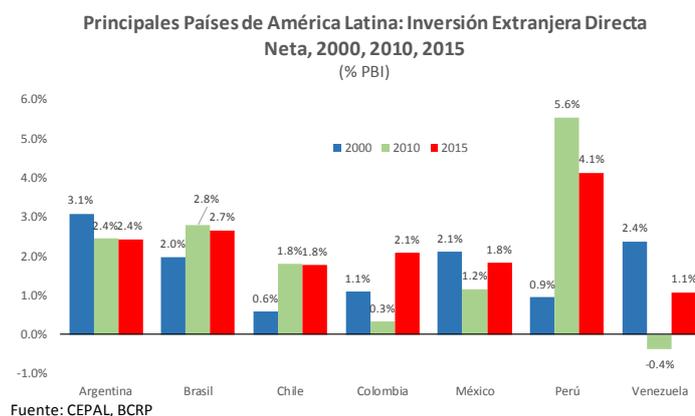


Figura 3



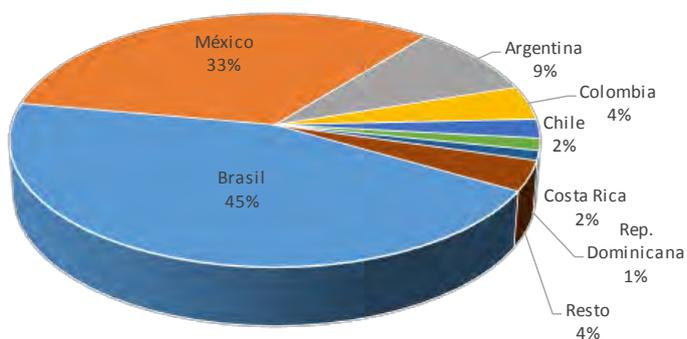
Asimismo, al comparar los años 2000, 2010 y 2015 de IED en los principales países de América Latina⁴, el país que más se benefició con la entrada de capitales fue Perú y Brasil (ver Figura 3), quienes alcanzaron en el 2015 cerca de 4.1% y 2.7% respecto al PBI, respectivamente; sumando un total de US\$ 69.2 mil millones de dólares americanos en dicho año, y que dentro de este conjunto, el Perú se colocó en el cuarto lugar de dicha lista por encima de Chile y Colombia.

En lo que respecta a los sectores económicos (ver Figura 4.A, 4.B y 4.C), dentro de un período de análisis del 2007 al 2015, Brasil lideró en los tres sectores donde la IED centró sus intereses particularmente en América Latina. En el caso de manufactura con un 45%, en servicios con 41% y RRNN con 30%, respectivamente. México secundó en los dos primeros con 33% y 21%, mientras que Chile secundó en el tercero con 25%.

⁴ Que cuentan con el 90.3% de la economía latinoamericana: Brasil (42.7%), México (21.9%), Argentina (8.1%), Colombia (5.7%), Venezuela (4.7%), Chile (4.4%) y Perú (2.8%).

Figura 4.A

América Latina y El Caribe: Ingresos Netos por IED en el sector Manufactura, 2007 - 2015
(% Part.)

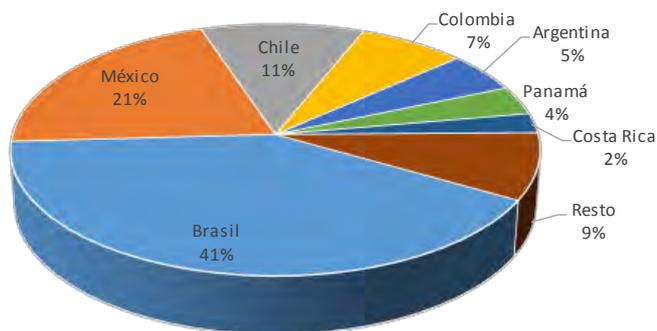


Fuente: CEPAL

Monto Total: US\$ 369 mil mill.

Figura 4.B

América Latina y El Caribe: Ingresos Netos por IED en el sector Servicios, 2007 - 2015
(% Part.)

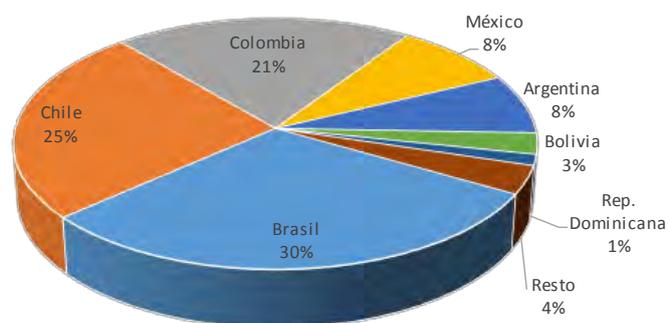


Fuente: CEPAL

Monto Total: US\$ 517 mil mill.

Figura 4.C

América Latina y El Caribe: Ingresos Netos por IED en el sector RRNN, 2007 - 2015
(% Part.)

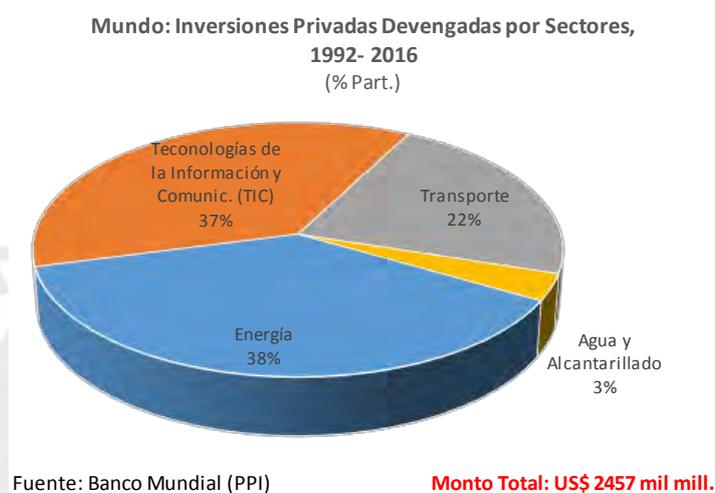


Fuente: CEPAL

Monto Total: US\$ 263 mil mill.

En el caso concreto del sector servicios, se ha observado un fuerte dinamismo de capitales privados invertidos en subsectores como telecomunicaciones, energía, transporte y agua y alcantarillado, con la figura de Asociaciones Público – Privadas (APP), que según el Banco Mundial, entre 1992 y el 2016 se invirtieron cerca de US\$ 2,457 mil millones de dólares americanos, principalmente en energía (38%) y las TIC (37%) (ver Figura 5).

Figura 5



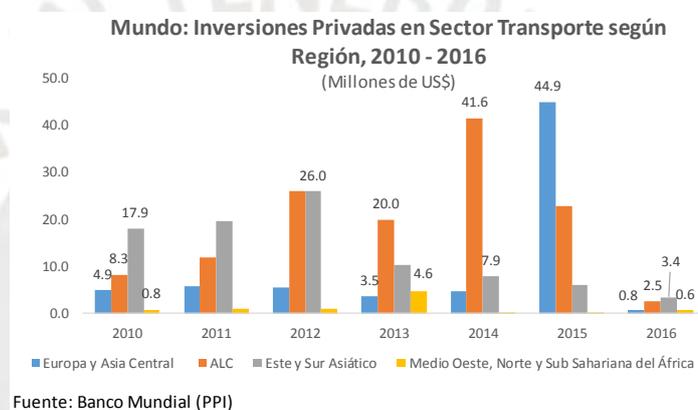
Cabe señalar que la literatura económica ha venido sugiriendo crear aquellos mecanismos que permitan la participación de empresas privadas en la gestión de inversiones en carreteras, lo cual según sus investigaciones, resultó ser lo más eficiente (Engel et al, 1996; Torero, 2000; Sánchez, 2003; Bull, 2004; Cárcamo-Díaz y Goddard, 2007, Guash, 2004).

Asimismo, según la Comisión Económica para América Latina – CEPAL (2009), se debe asegurar la calidad en la prestación de servicios a fin de que existan mayores sinergias en distintos sectores (comercio; turismo; transporte, etc.), los cuales se sabe son muy competitivos y dependientes. Ello permitirá reducir fuertemente los costos de transacción⁵.

⁵ Según el Boletín N°278 (Octubre 2009) cuyo tema fue “Facilitación del transporte: Taller de expertos en Perú”, complementaron que dentro de la agenda de desarrollo se encuentra el proceso participativo entre instituciones público – privadas, buscando reducir los tiempos y costos logísticos, simplificando y unificando los procedimientos, trámites y documentos involucrados en el proceso del comercio.

Como parte de la evidencia, entre 1992 y el 2016 la inversión del sector privado en el sector transportes a nivel mundial fue de US\$ 546 mil millones de dólares americanos. Asimismo, analizando la inversión por regiones entre los años 2010 y 2016, ALC y el Este y Sur Asiático fueron los mayores destinos de las inversiones con 44% y 30%, respectivamente. Como se observa en la Figura 6, ambas economías regionales mostraron una tendencia creciente hasta el 2012, aumentando 50% en promedio anual, pero luego a partir de ese año, salvo el 2014 donde las economías latinoamericanas tuvieron un importante repunte, cayeron en 42% en promedio anual.

Figura 6



Entre 1992 y 2016 a nivel mundial en infraestructura vial, en el caso específico de inversiones devengadas⁶, se inyectó cerca de US\$ 262.6 mil millones (48% del sector transporte respecto al total), reflejados en 990 proyectos de gran envergadura, seguido de aeropuertos (19%), vías férreas (18%) y puertos (14%) (Ver Figura 7).

En el mismo período de análisis, en ALC el sector privado invirtió en carreteras cerca de US\$ 118.5 mil millones, 50% de participación respecto al total (US\$ 238.7 mil millones), seguido de vías férreas con 23%, aeropuertos con 17% y puertos con 11% (ver Figura 8). Asimismo, hubo cerca de 353 proyectos invertidos en carreteras, de un total de 905 proyectos ejecutados en todos los subsectores. Cabe señalar que el grueso de la

⁶ Siendo aquellas inversiones donde se registra la inversión de acuerdo al compromiso contraído en la ejecución del proyecto.

participación privada dentro del sector transporte son las privatizaciones abarcando el 77%, y las concesiones con 22% (ver Figura 9).

Figura 7

Mundo: Inversiones Privadas Devengadas en Sector Transporte según Subsectores, 1992- 2016
(% Part.)

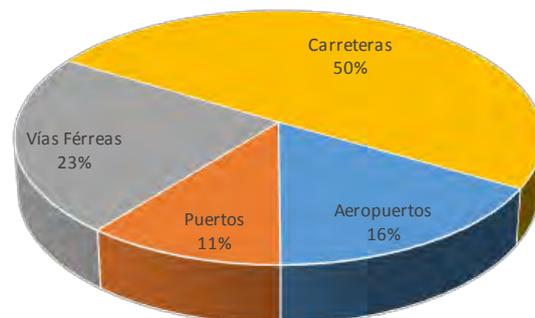


Fuente: Banco Mundial (PPI)

Monto Total: US\$ 546 mil mill.

Figura 8

AL: Inversiones Privadas Devengadas en Sector Transporte según Subsectores, 1992- 2016
(% Part.)

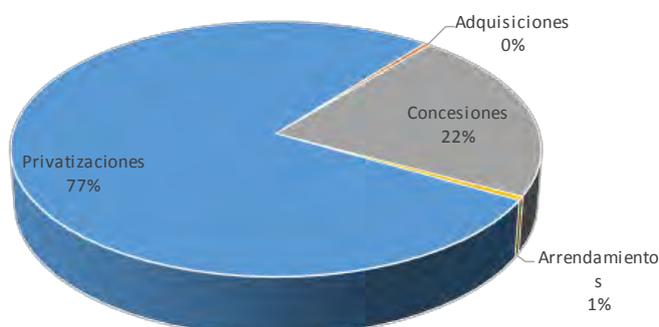


Fuente: Banco Mundial (PPI)

Monto Total: US\$ 238 mil mill.

Figura 9

AL: Inversiones Tipos de Proyectos en Inversiones Privadas en el Sector Transporte , 1992- 2016
(% Part.)



Fuente: Banco Mundial (PPI)

Monto Total: US\$ 238 mil mill.

En línea con la actual coyuntura, algunos estudios analizaron el beneficio de la participación privada dentro del sector transporte. Observaron que existe un fuerte costo social que genera el Estado, incapaz de cubrir el deterioro de la infraestructura vial en el tiempo (Delgado, 1998; Estache y Fay, 2007). La falta de recursos fiscales hace que no se alcance la cantidad óptima que necesita el mercado, y como consecuencia haya una brecha social por cubrir, que aunado a un inadecuado mantenimiento y bajo nivel de administración de parte del Estado (principal problema en los países subdesarrollados), el sector no se desarrolle adecuadamente y como consecuencia no se llegue a un crecimiento económico sostenido (Engel et al, 2003).

Según señaló Hernández y Rojas (2015) y Rosas et al (2011) el creciente gasto del Estado en distintas obras públicas en varios países de ALC siempre fue considerado como un efecto dinamizador y multiplicador dentro de las propias economías y no como un factor que restara espacio a la inversión privada. Se debe señalar que aún los capitales privados no han logrado desplazar al gasto público en infraestructuras de gran escala ni como el único agente dinamizador para el desarrollo de infraestructura vial.

Tanto el Informe del Comercio Mundial del 2015 (Organización Mundial del Comercio) y el trabajo realizado por Cipoletta et al (2010) coinciden en el efecto positivo que tienen sectores como el comercio y la logística nacional e internacional debido a la alta elasticidad respecto a la construcción de

obras viales. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la participación privada se dará siempre y cuando dichos proyectos viales sean de bajos costos lo que generaría no sólo un beneficio económico sino también social (Urrunaga y Aparicio, 2012).

En dicha línea, el dogmatismo que se tiene en el financiamiento de infraestructuras viales con participación de la gestión privada se da con la convicción de que el Estado mejora su gestión pública con mayor calidad; eficiencia y eficacia al momento de brindar distintos servicios o ejecutando actividades de ámbito público; dicese de este último con entidades que no solamente pueden suministrar la logística necesaria para llevar a cabo la construcción de una red vial sino también de la asistencia técnica de los proyectos de inversión (Zegarra, 2010; Vega, 2009).

Por último, se debe señalar que en varios países latinoamericanos han adoptado como esquema principal para el desarrollo de su infraestructura vial la Asociación Público – Privada (APP), diseñando licitaciones adecuadas que permitan contar con el mejor contratista; ciñéndolo a controles periódicos y apropiados; así como canalizar el financiamiento público adecuado en estos esquemas (Harris 2005).

2.2 Experiencias en la región

Ante lo señalado, en este acápite se desarrollará brevemente las principales experiencias internacionales, tomando como ejemplo las concesiones viales de México, Chile y Perú, quienes como otros países han aplicado el sistema de concesiones viales.

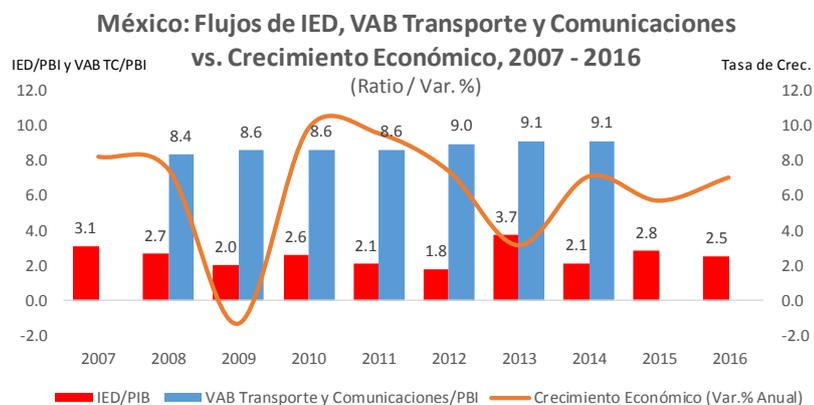
2.2.1 Una mirada general de las inversiones en México

A. Inversiones en el sector transporte:

La Secretaría de Economía del Gobierno Mexicano informó que la economía creció entre el 2007 y el 2016 cerca de 6.2% de manera anual. En línea con ello, la Inversión Extranjera Directa promedió anualmente cerca de 2.6% respecto al PBI en dicho período. Mientras que en lo que respecta a la contribución del sector transporte a la economía, ésta promedió cerca del 8.8% respecto al PBI desde el 2008 al 2014. Dicho sector incluye la

construcción de carreteras, vías férreas, aéreas y marítimas (ver Gráfico 10).

Figura 10



Fuente: Secretaría de Economía / Secretaría de Transportes y Comunicaciones

Asimismo, se debe señalar que desde el 2004 al 2015 el gobierno mexicano integró cerca de 390 mil km. de carreteras pertenecientes a la Red Nacional, la cual está conformada por caminos federales, estatales y rurales dentro de la infraestructura vial de México. Dichas vías tienen distintos alcances a nivel nacional pero que sin embargo el Gobierno Mexicano ha apostado por invertir más en la unión interna de los distintos pueblos rurales y mejorar las brechas de infraestructura (ver Cuadro 2.A), principalmente.

Cuadro 2.A

México: Longitud de la Red Nacional de Carreteras, 2004 - 2015
(Km)

Año	2004	2007	2010	2013	2015	Crec. Anual 2004 - 2015	Part%. 2015
Por Tipo de Camino	352072	360075	371936	378922	390301 [✓]	0.9%	100.0%
- Federal	48575	48475	48972	49986	50403	0.3%	12.9%
- Estatal	75217	73874	79264	85075	94983	2.1%	24.3%
- Rural	165132	171157	169354	169311	175521	0.6%	45.0%
- Brechas Mejoradas	63148	66569	74346	74550	69394	0.9%	17.8%
Por Estado Superficial	352072	360075	371936	378924	390301 [✓]	0.9%	100.0%
- Pavimentado	116923	127173	138404	148329	156797	2.7%	40.2%
- Revestimiento	156501	156184	150404	144800	152879	-0.2%	39.2%
- Terracerías	15500	10149	8782	11245	11231	-2.9%	2.9%
- Brechas Mejoradas	63148	66569	74346	74550	69394	0.9%	17.8%
Por Carriles	116923	127173	138404	148329	156797 [✓]	2.7%	100.0%
- Dos Carriles	105954	115557	125764	133286	141545	2.7%	90.3%
- Cuatro o Más Carriles	10969	11616	12640	15043	15252	3.0%	9.7%

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes - Anuario Estadístico

En lo que respecta a las inversiones en este sector, según el 3° Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes realizado por la Secretaría de Transportes y Comunicaciones señaló que la inversión total en la construcción y modernización de carreteras y autopistas creció apenas 0.7% desde el 2007 al 2015, siendo este tipo de vías la de mayor porcentaje de inversiones (60% en el último año) en infraestructura vial mexicana. En el desagregado, las inversiones privadas crecieron 8% anual en este tipo de infraestructura, mientras que la inversión pública cayó 4.1%, afectado por la coyuntura económica internacional, demostrándose que las inversiones públicas son largamente más importantes que las privadas.

En lo que respecta a los otros tipos de infraestructura vial, las inversiones en conservación de carreteras tuvo un descenso en el mismo de período de análisis de 4.1% promedio anual, contrarrestado por las inversiones en caminos rurales y alimentadoras las cuales crecieron 1% en promedio anual, lo que apoya a la política actual de dicho país en promover mayores conexiones con ciudades poco accesibles a las vías troncales principales.

No obstante, existe una fuerte promoción del gobierno mexicano el cual se viene traduciendo en la creación del Programa Nacional de Infraestructura – PNI cuyo inicio se remonta desde el 2007 teniendo como principal objetivo fortalecer y modernizar la infraestructura de carreteras, puertos, aeropuertos y ferroviaria.

Cuadro 2.B

México: Inversiones en Infraestructura de Carreteras, 2007 - 2015

(% Participación)

Año	2007	2009	2011	2013	2015	Crec. Anual 2004 - 2015
Construcción y modernización de carreteras y autopistas	57%	54%	63%	63%	60%	0.7%
- Público	75%	76%	88%	69%	54%	-4.1%
- Privado	25%	24%	12%	31%	46%	8.0%
Conservación de carreteras	21%	17%	16%	21%	15%	-4.1%
Caminos rurales y alimentadoras	19%	22%	17%	13%	21%	1.0%
Programa de empleo temporal	3%	2%	2%	2%	2%	-2.8%
CAPUFE*	0%	5%	2%	1%	2%	-14.9%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	

* El crecimiento anual de CAPUFE se compara respecto al 2009

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes - Anuario Estadístico

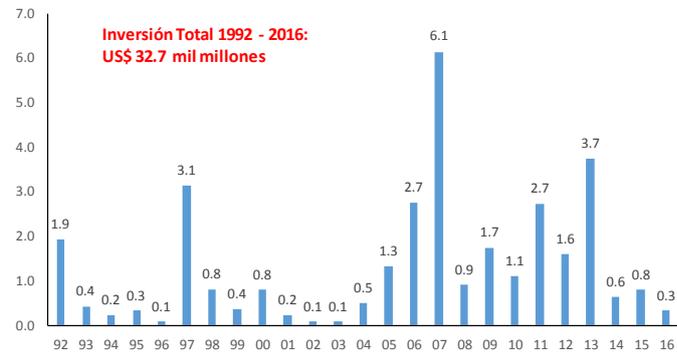
Es necesario señalar que las empresas participaron en el Programa de Concesiones Viales a finales de los '80 (Sánchez, 2004). Según el Banco Mundial – BM, desde 1990 hasta el 2016 el sector privado invirtió en el sector transporte US\$ 32.7 mil millones de manera total (ver Figura 10). Sin embargo, si se secciona en quinquenios dicho período, el crecimiento claramente fue ralentizándose. Así, entre 1996 y 2000 creció 80.9% promedio anual, del 2001 al 2005 en 55.9%, del 2006 al 2010 en -20.4% y por último del 2011 al 2015 en -26.7%, respectivamente.

Mientras que las inversiones en sectores como energía; telecom; transportes y; agua y saneamiento (Figura 11.A) el sector transporte obtuvo el 36% de participación frente a los demás. Al 2016 lidera con 87.7% del total de las concesiones, seguido del sector energético con el 12.3% del total.

Asimismo, las inversiones devengadas en concesión de carreteras, desde 1992 al 2016 se invirtió cerca de US\$ 20.7 mil millones, 63% respecto al total invertido en otros subsectores, superando a vías férreas, puertos y aeropuertos, con 63 proyectos ejecutados.

Figura 10

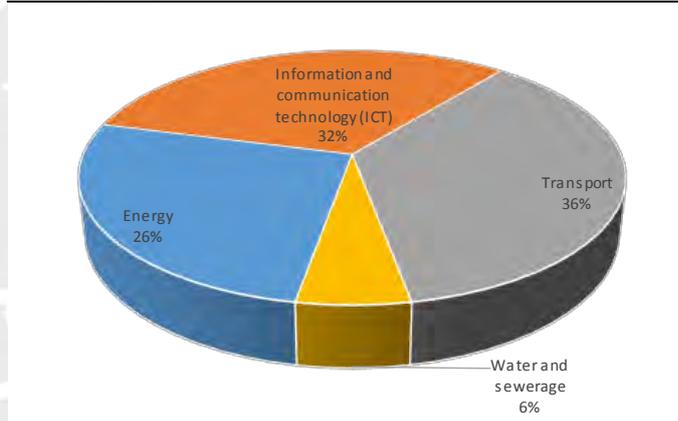
México: Inversión Privada en el Sector Transporte, 1992 - 2016
(US\$ Mil Millones de dólares americanos)



Fuente: Private Participation Infrastructure, Banco Mundial

Figura11.A

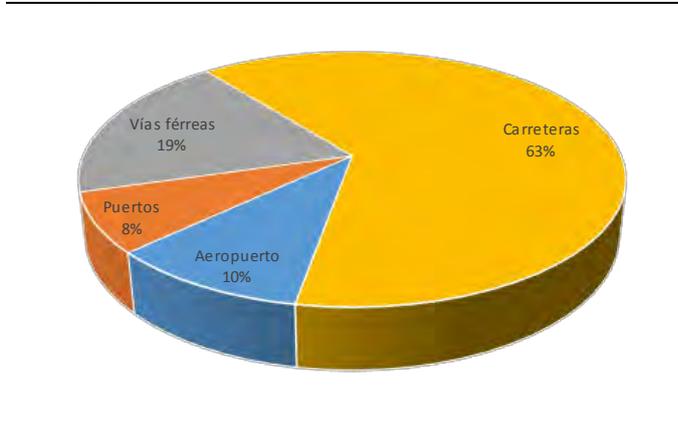
México: Inversión Privada según Sectores, 1992 - 2016
(% Participación)



Fuente: Private Participation Infrastructure, Banco Mundial

Figura11.B

México: Inversión Privada en Sector Transporte según subsector, 1992 - 2016
(% Participación)



Fuente: Private Participation Infrastructure, Banco Mundial

B. Las concesiones viales: Experiencia y relación de la construcción de obras públicas dentro de la economía

Según el estudio realizado por Engel, Fischer y Galetovic (2009) México fue el primer país en ALC que experimentó con las privatizaciones⁷ de las redes viales. Al término de la década de los 80's, el país tuvo grandes éxitos con tres proyectos viables dejando para construir cerca de 4 mil km. en 1989. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes seleccionó las vías para ofrecer y especificando el esquema de "peajes máximos" en términos reales. Estos tuvieron financiamiento del sistema bancario u otros recursos externos (70%), mientras que el Estado garantizó parcialmente los costos y las proyecciones del tráfico con la opción de extender la concesión, el cual legalmente no podría exceder más de 15 años.

El inicio de las concesiones fue un éxito relativo, con 52 módulos de peajes y 5,500 km. de carreteras, requiriéndose aproximadamente cerca de US\$ 13 mil millones de dólares americanos de inversión, con 50% de créditos bancarios; 20% de subvenciones del Estado; y 30% de parte de la firma. Sin embargo, en pocos años, el programa colapsó. 20 de ellos incorporados dentro de los fondos públicos del Fideicomiso de Apoyo al Rescate de Autopistas Concesionadas – FARAC.

Los detonantes del colapso fueron varios, entre las principales i) que los términos contractuales se hicieron en promedio menor a 10 años, el cual empujó la enorme presión financiera, ii) los estudios técnicos y el diseño de trabajo fueron inadecuados, cambiándose constantemente, liderando los retrasos y sobrecostos, iii) muchos de los proyectos eran inviables debido al bajo flujo de tráfico y una inadecuada estimación de la elasticidad precio de la demanda reflejado en los peajes, iv) las malas predicciones de demanda, donde el uso de las vías públicas estuvieron por debajo del 30% de las expectativas (Ortiz

⁷ Dicha definición es distinta a las asociaciones, siendo las privatizaciones denominada como el control total de la infraestructura con respaldo financiero ya sea del sector privado (financiero principalmente) y/o del Estado.

et al, 2008); y v) la crisis financiera mexicana (1994), tras la devaluación del peso elevó el costo de los proyectos financiados. Todo ello conllevó a que las concesiones viales mexicanas sean consideradas como un caso de fracaso tras una previsión altamente optimista.

De acuerdo a Ortiz, Bain y Carniado (2008), los inversionistas perdieron US\$ 3 mil millones, mientras que al Estado le costó más de US\$ 13 mil millones, debido a que las concesiones se extendieron por 20 años más en promedio (algunos hasta 42 años); incrementando el costo real a más de 50% en promedio, impactando en un incremento en el precio de los peajes por lo que la población decidió utilizar otras carreteras que llevaban al mismo punto de destino.

Así, las concesiones de carreteras⁸ fueron otorgadas a quien ofrecía el más corto plazo de la franquicia y que las tarifas sean las más altas posibles. Sin embargo, Bull (2004) analizó que el Estado no estimó bien la demanda (y por ende los costos) de dichas carreteras originando un mayor financiamiento y un mayor tiempo de concesión.

Actualmente, el Estado presupuestó ingentes recursos públicos destinados para construir y mantener dichas vías. En este aspecto, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México diseñó tres modelos de incentivos para las firmas privadas que deseen coparticipar:

- i) **Nuevo Modelo de Concesiones:** La infraestructura se otorga vía licitación pública, con el proyecto ejecutivo y el derecho de vía liberado, todo ello con ciertas condiciones:
 - ✓ El gobierno fija precios promedios máximos y su actualización bajo una regla normativa

⁸ Se realizaron a través de subastas, eligiéndose la modalidad de ‘subasta holandesa’, definido en parámetros exactos para la adjudicación de la red vial pública a diferentes consorcios constructores mexicanos, estableciéndose para ello diferentes criterios de adjudicación.

- ✓ 30 años de concesión como máximo
- ✓ Aporte inicial con recursos públicos (Fondo Nacional de Infraestructura – FONADIN)
- ✓ Se concede a la empresa que solicite menor monto financiero al Estado.

ii) Proyectos de Prestación de Servicios: Mediante licitación se le otorga dicho derecho al concesionario con duración entre 15 a 30 años, coparticipando con el gobierno desde el diseño de la concesión hasta su operación misma, para luego una vez modernizada, quedando como vía libre de peajes.

Una investigación realizada por el economista Niles Hansen (1965) diagnosticó que para que haya inyección de capital en obras públicas y se pueda dar un gran aporte al crecimiento económico regional se debe cumplir ciertas peculiaridades. Para ello se clasificaron como:

- ✓ Congestionadas: alta densidad demográfica; alta concentración de viviendas para uso comercial e industrial; así como de gran cantidad de obras públicas.
- ✓ Intermedias: abundante capital humano bien calificado, concentración de materias primas y de recursos energéticos de bajo costo.
- ✓ Rezagadas: alto nivel de pobreza y baja infraestructura para la generación de producción.

Dichas características son importantes para conocer cuán importante es la necesidad de construir infraestructura. Pero no sólo ello es trascendental, sino que además dicha inversión esté tenga un impacto económico, el cual se encuentra relacionada a las actividades productivas con infraestructura básica (agua, energía, telecom, puertos, vías férreas, irrigación, etc.); o un impacto social relacionado a la provisión de servicios sociales (educación, salud, cultura); o ambas.

Asimismo, en su trabajo plantea que la variación de la producción total respecto al capital público es alta en las regiones menos desarrolladas, así como también aquellas regiones que cuentan con un nivel de desarrollo intermedio. Señaló que las infraestructuras se encuentran más ligadas a actividades productivas o económicas y explican de una mejor manera las diferencias en el ingreso de cada poblador. Así, en aquellas regiones atrasadas, la inyección de capital en obras públicas ofrece un mayor bienestar social, determinando así los niveles de ingreso per cápita.

Para llevar este trabajo al caso mexicano, uno de las principales investigaciones que relacionó el gasto público en obras de infraestructura y el desarrollo de las regiones en México fue el de Fuentes (2003), quien hizo hincapié que la inversión pública en infraestructura económica debe dirigirse a las regiones intermedias donde habrá mucho más impacto, mientras que la infraestructura social a las rezagadas. Para demostrar metodológicamente su trabajo, realizó un modelo de regresión múltiple estimándose una cuasi función de producción, así como un modelo de variables instrumentales por la omisión de algunas de ellas.

Así, entre las principales conclusiones del trabajo fueron que en efecto las inversiones en infraestructura pública es un factor explicativo de las diferencias en ingreso regional. Asimismo, la productividad del capital público difiere del tipo de infraestructura y localización de la inversión pública, es decir encontró que una mayor infraestructura económica mostró más impacto en las regiones intermedias mientras que las infraestructuras sociales mostraron más impacto en las regiones retrasadas.

2.2.2 Las inversiones en Chile: Un caso de éxito

A. Inversiones en el sector transporte

El país chileno en los noventa comenzó a concesionar las operaciones de carreteras para ampliarlas y mejorarlas. Según estadísticas presentadas por el Ministerio de Obras Públicas a

través de su Dirección de Vialidad, la extensión de la red vial nacional alcanzó hasta el 2015 cerca de 80.6 Km., creciendo respecto al 2010 aproximadamente en promedio 0.7% anual (ver Cuadro 3). En el desagregado, las redes viales más importantes son las no pavimentadas que participan cerca del 60% y las cuales decrecieron 0.8% promedio anual, seguida por orden de importancia por las pavimentadas (25% de participación) que crecieron 1.8%.

Cuadro 3

Chile: Longitud de Red Vial Nacional según tipo de vía, 2010 - 2015

(Km)					
Año	2010	2013	2015	Part. % 2015	Crec. Anual 2004 - 2015
Red Vial Pavimentada	18.1	19.1	19.9	25%	1.8%
- Asfalto	15.6	16.5	17.2	86%	2.0%
- Hormigón	2.1	1.9	1.9	10%	-1.7%
- Asfalto/Hormigón	0.5	0.5	0.5	3%	1.1%
- Cam. Bás. Intermedios	0.0	0.2	0.3	1%	66.7%
Soluciones Básicas	9.1	10.5	12.3	15%	6.2%
- Capa Protección	3.6	5.2	6.5	53%	12.6%
- Granular Estabilizado	5.5	5.3	5.8	47%	1.0%
Red Vial No Pavimentada	50.6	47.9	48.5	60%	-0.8%
- Ripio	32.7	31.1	32.2	66%	-0.3%
- Tierra	17.8	16.8	16.3	34%	-1.8%
Total	77.8	77.5	80.6	100%	0.7%

Fuente: Ministerio de Obras Públicas - Dirección de Vialidad

De otro lado, la longitud de la red vial nacional por camino, los caminos regionales comunales son los que tienen mayor extensión participando respecto al total en 37% y creciendo cerca del 3.8% en promedio anual, seguida de los caminos regionales de acceso o llamados los caminos comunales “secundarios”, cuya participación rondó el 30%, cayeron en 2.3% en promedio anual.

Cuadro 4

Chile: Longitud de Red Vial Nacional según tipo de camino, 2010 - 2015

(Km)

Año	2010	2013	2015	Part. % 2015	Crec. Anual 2004 - 2015
Camino Nacionales	11.3	11.3	11.3	14%	0.1%
Camino Regionales Principales	7.9	8.2	8.4	10%	1.3%
Camino Regionales Provinciales	6.4	6.4	6.6	8%	0.7%
Camino Regionales Comunales	24.6	24.6	29.6	37%	3.8%
Camino Regionales de Acceso	27.6	26.7	24.6	30%	-2.3%
Total	77.8	77.3	80.6	100%	0.7%

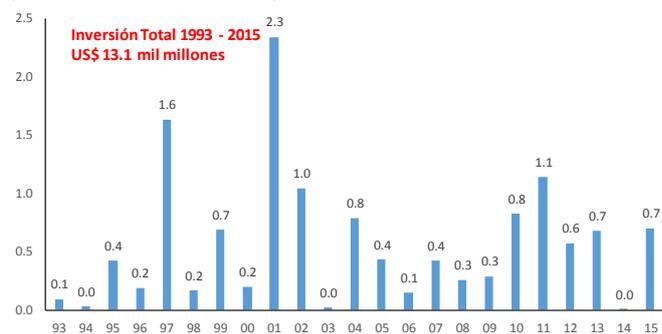
Fuente: Ministerio de Obras Públicas - Dirección de Vialidad

Desde el lado de las inversiones privadas, desde 1993 hasta el 2015, ésta invirtió aproximadamente cerca de US\$ 13.1 mil millones en el sector transporte (ver Figura 12). Asimismo, si los dividimos por períodos, el crecimiento entre 1993 hasta el 2001 fue de 49.6% en promedio anual. Pero, entre el 2002 al 2010 claramente las inversiones se ralentizaron, cayendo en -2.9% en promedio anual. Dicha tendencia prosiguió entre el siguiente período 2011 – 2015, cayendo fuertemente -11.4% en promedio anual.

Las inversiones por sectores en el mismo período de análisis, el sector energético contribuyó con 52%, seguido muy de lejos de la inversión en transporte (25% del total), luego agua y alcantarillado (14%) y las TIC (9%) (Figura 13.A). Si se desglosa el subsector de transporte, se observa que las inversiones en carreteras contribuyeron fuertemente con 75%, secundado por la infraestructura portuaria con 14% y aeropuertos con apenas 10% (Figura 13.B), respectivamente.

Figura 12

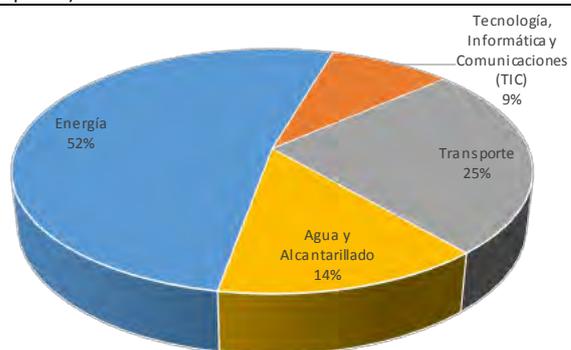
México: Inversión Privada en el Sector Transporte, 1992 - 2016
(US\$ Millones de dólares americanos)



Fuente: Private Participation Infrastructure, Banco Mundial

Figura 13

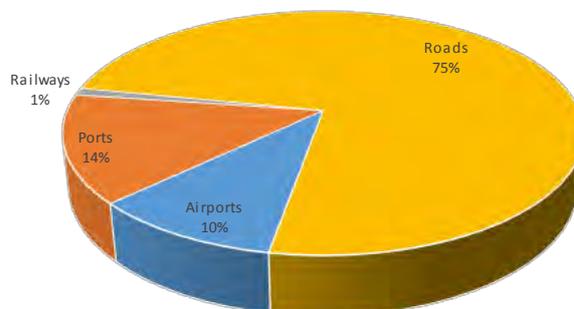
Chile: Inversión Privada según Sectores, 1993 - 2015
(% Participación)



Fuente: Private Participation Infrastructure, Banco Mundial

Figura 12

Chile: Inversión Privada en Sector Transporte según subsector, 1993 - 2015
(% Participación)



Fuente: Private Participation Infrastructure, Banco Mundial

B. Las concesiones viales: Experiencia y relación de la construcción de obras públicas dentro de la economía

La red de carreteras fue mejorada sustancialmente desde 1993 a través del programa de coparticipación entre el Gobierno y las firmas privadas, centrado en los principales proyectos viales. Casi el 70% de las inversiones hasta el 2013 estaban ligadas a este tipo de alianzas estratégicas (OECD, 2009).

Según Engel, Fischer y Galetovic (1999), el enfoque de concesión de carreteras fue del tipo Ingresos Mínimos por Valores Presentes (IMVP), donde se señalaban además distintas características en la cesión de dicha infraestructura. A diferencia de otros tipos de subastas internacionales, adicionalmente al factor de competencia, se le adicionaban servicios complementarios que necesitaban las carreteras como puestos de emergencia, entre otros; pero lo más importante es que la tarifa se ajustaba anualmente, controlándose los riesgos a futuro por parte de la firma concesionaria. Debe precisarse que en este caso también existieron problemas en la precisión de la demanda, por lo que las firmas solicitaban garantías.

En el trabajo realizado por la Universidad de Chile (2013), muestran distintas estimaciones econométricas con una metodología de modelos ARIMAX, procesos autorregresivos para las variables endógenas y medias móviles para los errores) para hallar un modelo explicativo del crecimiento económico y la infraestructura en Chile.

Como se puede observar en el siguiente Cuadro 5, la inversión en infraestructura con participación privada (% del PBI) se relaciona positivamente con el crecimiento de la economía (una variación positiva de 1% en infraestructura equivalió a un crecimiento entre 6% y 11% en los 10 últimos años). Asimismo, como señala también el autor, la inversión en infraestructura también tiene una relación directa con la apertura económica. No así con la variable nivel de educación secundaria y superior cuya

relación es más débil, el cual según la estimación, puede ser directo o indirecto.

Cuadro 5

Chile: Resultados entre Crecimiento Económico vs. Infraestructura

Variables	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Educación terciaria (% población)	0,00232*** -0,0004	0,00168*** -0,0005	0,00124*** -0,0003	-0,00097** -0,0004
Educación secundaria (% población)	0,00512* -0,0021	0,00515 -0,0026	-0,01186* -0,0052	-0,00975 -0,0071
Inversión en infraestructura (% PIB)(1)	0,06082*** -0,0055	0,06797*** -0,0076	0,11652*** -0,0106	0,11171*** -0,0136
Gasto público (% del PIB) (1)	-6723*** -0,0039	-0,06246*** -0,0034	-0,0546*** -0,0027	-0,05517*** -0,0031
Inversión externa directa (% PIB) (1)	-0,02059** -0,0071	-0,02327** -0,0076	-0,03463*** 0,0059	-0,03295*** -0,007
Apertura (Importaciones más exportaciones como % del PIB) (1)	0,00557*** -0,0008	0,00708*** -0,001	0,00863*** -0,0023	0,00830*** -0,0025
Constante	-0,43079* -0,1976	-0,40094 -0,2523	1,2842** -0,4719	1,0813 -0,6502
AR(1)			0,94821*** -0,0494	-0,9406*** -0,0556
AR(2)	-0,94798*** -0,0448	-0,85565*** -0,0963		
MA(1)	-0,99999*** 0		-1,0000*** 0	
MA(2)		0,99999*** 0		
Criterios de información				
AIC	-45,02	-43,47	-47,21	-41,41
BIC	-43,24	-41,69	-45,43	-39,83

(1): Variables en diferencias

Errores estándares bajo cada coeficiente: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Departamento de Economía, Universidad de Chile (2013)

2.2.3 La experiencia en Perú en obras viales

A. En el sector transporte

Como lo analizó Vidal (2009) Perú pasaba por un fuerte déficit de obras públicas en los noventa, por lo que lanzó un programa agresivo de privatizaciones y concesiones de diversas infraestructuras, entre ellas, la concesión de vías públicas terrestres⁹.

De otro lado, Torero (2002) mostró que las ineficiencias del gobierno no hacían reducir este déficit en infraestructura, por lo para hacerle frente el Estado recurrió a la creación de la

⁹ Por ejemplo la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana – IIRSA (www.iirsa.org/index.asp?CodIdioma=ESP) y la red vial N°5.

Comisión para la Promoción de la Inversión Privada – COPRI (D.L. 674) para promover y facilitar las inversiones a través de las concesiones viales.

A su vez, se planteó tomar en cuenta mecanismos contractuales diferentes entre sectores, que en el caso de carreteras, existen ciertas vías que presentan bajo valor presente debido al bajo flujo vehicular y al mal estado que se encontraban (Bonifaz, 2002). Para ello el factor de competencia consideraba el nivel de tarifas, plazo de la concesión, cauciones del gobierno a la firma en el flujo futuro de los peajes, consideraciones de carácter ambiental y ecológico, entre otros.

Así, el gobierno consideró agrupar carreteras con alto tránsito vehicular, que tengan un buen mantenimiento y que carezcan de un gran número de vías terrestres que vayan a regiones del interior; agrupando también a otras opuestas a lo mencionado. Así, en lo largo de 20 años (1995 – 2015), en el caso de pavimentadas, el crecimiento de la longitud de redes viales nacionales aumentó en 23% anualmente; mientras que en el caso de redes viales no pavimentadas cerca del 17% de manera anual (ver Cuadro 6). Cabe destacar que la participación de ésta última dentro del total de redes viales es de 86% solamente en el 2015.

En el detalle, en las redes viales pavimentadas, las redes nacionales crecieron 23% (77% de participación respecto al subtotal de redes pavimentadas); las departamentales 26% (15% del total); y las vecinales 19% (8% del total). Mientras que en el caso de no pavimentadas, la redes nacionales crecieron - 4% (6% de participación respecto al subtotal de redes no pavimentadas); departamentales 9% (15% del total); y 22% (80% del total).

Cuadro 6

Perú: Longitud de Red Vial Nacional según tipo de vía, 1995 - 2015

(Km)

Año	1995	2000	2005	2010	2015	Part. % 2015	Crec. Anual 1995 - 2015
Red Vial Pavimentada	8,356.0	10,573.0	10,778.9	15,313.0	23,769.2	14%	23.3%
- Nacional	6,477.0	8,522.0	8,730.9	12,444.9	18,420.1	77%	23.2%
- Departamental	1,089.0	1,105.6	1,106.0	1,987.6	3,459.0	15%	26.0%
- Vecinal	790.0	945.4	942.0	880.5	1,890.1	8%	19.1%
Red Vial No Pavimentada	65,083.0	67,640.0	67,727.6	68,931.9	141,602.7	86%	16.8%
- Nacional	10,042.0	8,531.0	8,126.1	11,150.9	8,016.0	6%	-4.4%
- Departamental	13,242.0	13,145.4	13,145.0	23,786.6	20,828.4	15%	9.5%
- Vecinal	41,799.0	45,963.6	46,456.4	33,994.3	112,758.3	80%	22.0%
Total	73,439.0	78,213.0	78,506.4	84,244.9	165,372.0	100%	17.6%

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Oficina de Estadística

Al analizar la red vial no pavimentada, ésta se desagrega en afirmada, sin afirmar y trocha. Se observa que la participación de las vías con superficie de trocha equivale a un 43% del total, pero que sin embargo decreció en 1.7%. Claramente las redes nacionales no pavimentadas pero afirmadas favorecen un mejor transporte. Si bien estas participan con un 35%, mostraron un crecimiento de 1.7% anual.

Cuadro 7

Perú: Longitud de Red Vial Nacional según superficie, 2014 - 2015

(Km)

Año	2014	2015	Part. %	Crec. Anual 2014 - 2015
Red Vial Pavimentada	21,765.9	23,769.2	14%	9.2%
Red Vial No Pavimentada	143,700.7	141,602.8	86%	-1.5%
- Afirmada	48,926.0	49,747.0	35%	1.7%
- Sin afirmar	32,661.0	30,767.2	22%	-5.8%
- Trocha	62,113.7	61,088.6	43%	-1.7%
Total	165,466.6	165,372.0	100%	-0.1%

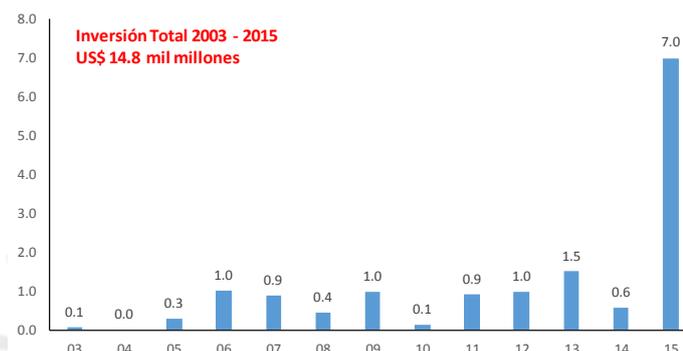
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Oficina de Estadística

Desde el lado de las inversiones privadas, en el período 2003 – 2015 se observaron inversiones en el sector transporte cercanos a los US\$ 14.8 mil millones (ver Figura 13), abarcando cerca del 31% del total de inversiones privadas (ver Figura 14), siendo el segundo dentro de los destinos de inversión (energía lideró con

el 35% del total (US\$ 16.8 mil millones)). En tercer lugar se encuentran las inversiones privadas en la infraestructura dirigida a las TIC con US\$ 15.1 mil millones (31% del total); y por último el sector agua y alcantarillado con US\$ 1.3 mil millones (3% de participación), respectivamente.

Figura 13

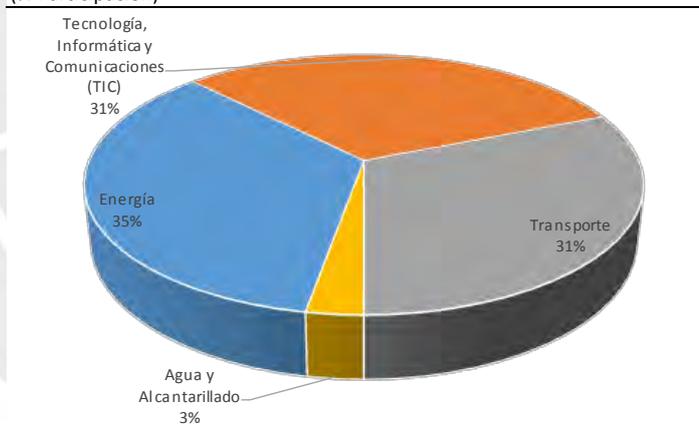
Perú: Inversión Privada en el Sector Transporte, 2003 - 2015
(US\$ Miles de Millones de dólares americanos)



Fuente: Private Participation Infrastructure, Banco Mundial

Figura 14

Perú: Inversión Privada según Sectores , 1994 - 2015
(% Participación)

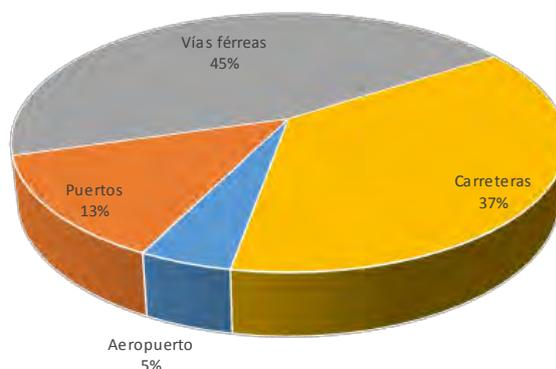


Fuente: Private Participation Infrastructure, Banco Mundial

Es importante recalcar que en el sector transporte, las vías férreas fueron el principal subsector de destino con cerca de US\$ 6.7 mil millones (45% del total), seguido de las inversiones en carreteras con US\$ 5.5 mil millones (37% frente al total) (ver Figura 15).

Figura 15

Perú: Inversión Privada en Sector Transporte según subsector, 1994 - 2015
(% Participación)



Fuente: Private Participation Infrastructure, Banco Mundial

B. Las concesiones viales: Experiencia y relación de la construcción de obras públicas dentro de la economía

En el trabajo de Bendezú y Vásquez (2008) señalaron claramente que habrá un mayor auge de la economía si se construye obras viales intrarregionales que aquellas carreteras que conecten a éstas con Lima. Así, la construcción de un kilómetro adicional en lugares que ya cuentan con carreteras el impacto es menor respecto al efecto que tuviese en lugares donde no existen dichas redes viales.

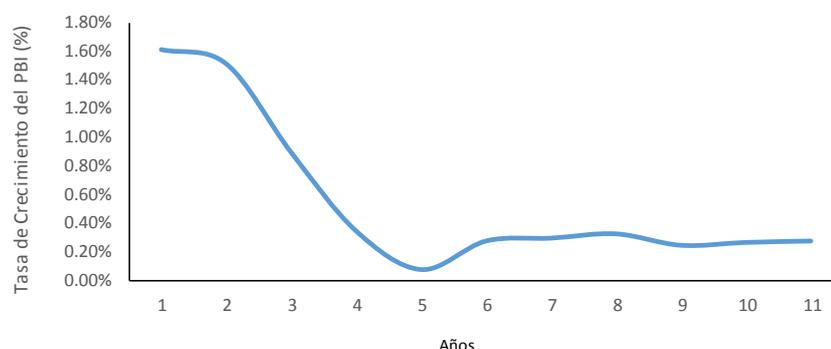
Asimismo, dentro de los resultados preliminares, los autores encuentran que un incremento de 1% en la construcción de caminos asfaltados redundará en un aumento de 0,21% del PBI en el largo plazo. No obstante enfatizaron que actualmente existe la discusión de cuál podría tener un mayor impacto dentro de la economía peruana: i) un esquema de administración estatal; o ii) un régimen de asociaciones público – privadas (APP). Según lo señalaron en su investigación, la construcción de obras viales genera una mayor dinámica en la creación de nuevas actividades empresariales. Así, el desarrollo de éstas implica costos medios decrecientes (economías de escala) y por

ende una mayor marginalidad del capital humano respecto al producto (Albala-Bertrand y Mamatzakis 2001).

Ante ello, los autores concluyen que esta situación de inversiones podría generar un mejor panorama para que las empresas privadas entren a apostar en la construcción de infraestructura vial, lo que redundaría en el largo plazo en una reducción de los costos y como consecuencia en una menor tarifa de peajes.

Figura 16

Respuesta Acumulada de la Tasa de Crecimiento Económico ante un Incremento en la Tasa de Expansión de la Infraestructura Vial



Fuente: Bendezú y Vásquez (2008)

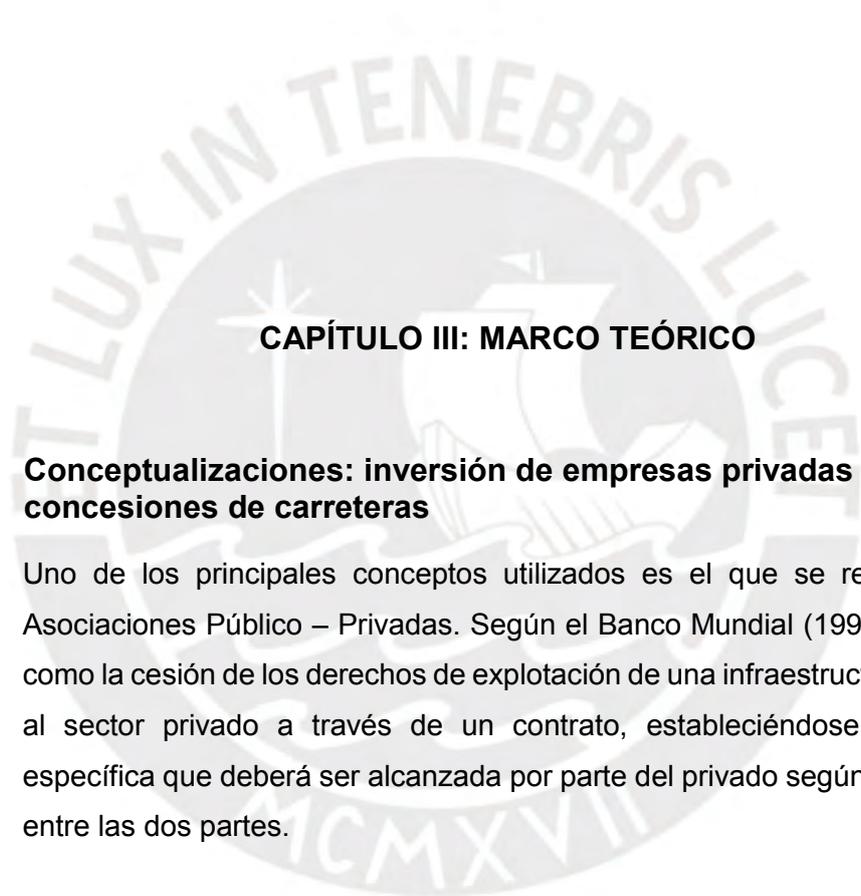
2.3 Hipótesis de la investigación

2.3.1 Hipótesis general

A mayor complementariedad entre la inversión de capitales privados con recursos públicos dirigidos a construir, mantener y rehabilitar redes viales, mayor será el impacto positivo en la aceleración del auge de la economía en el Perú en los próximos años.

2.3.2 Hipótesis secundaria

A mayor inversión en infraestructura vial, mayor será la incidencia de éstas dentro de la sociedad tras generar una mayor conectividad a nivel nacional.



CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1 Conceptualizaciones: inversión de empresas privadas en concesiones de carreteras

Uno de los principales conceptos utilizados es el que se refiere a las Asociaciones Público – Privadas. Según el Banco Mundial (1994) lo define como la cesión de los derechos de explotación de una infraestructura pública al sector privado a través de un contrato, estableciéndose una meta específica que deberá ser alcanzada por parte del privado según el acuerdo entre las dos partes.

En lo que refiere a la definición conceptual de las concesiones viales, Vidal (2009) realizó una recopilación de una serie de documentos que permiten entender los principales conceptos de las concesiones de infraestructura vial, definidos como contratos donde el Estado (concedente) le otorga a una firma (concesionaria) los derechos de operar una infraestructura. Asimismo, realizó un entendimiento entre la racionalización económica de una concesión y la exclusividad que se tiene, analizando que ambos conceptos son necesariamente complementarios ya que este tipo de infraestructura tiene condiciones tecnológicas y estructurales que sólo permite tener a un operador. Además observó aspectos relacionados a la clasificación de las

concesiones de vías terrestres, clasificándolos en contratos gerenciales con pagos de incentivos; arrendamientos; y concesiones puras. Cada tipo de concesión depende que tanto el Estado puede cofinanciar la operación de la infraestructura tras medir sus riesgos.

En la misma línea, también señaló los principales riesgos existentes como los de construcción; operación; ingresos; financiero; entre otros, lo que conlleva a que los tipos de contratos que se firmen entre ambas partes sean incompletos. En este aspecto entra a tallar las negociaciones entre el Estado y la firma. Debe señalarse que los contratos o pueden ofrecerse a través de una concesión o a través de una privatización. La motivación que se tiene para elegir una de ellas es la capacidad de control que tiene el Estado para manejar dicha infraestructura. Una vez definido el tipo de contrato, éstas se subastan, pudiendo ser subastas británicas o a sobre cerrado para una mejor asignación de la concesión. Para un mayor detalle, Bonifaz (2002) hace una extensa referencia sobre las subastas más conocidas como la abierta; holandesa; a sobre cerrado con primer precio; y subasta de segundo precio.

Antes de utilizar estos esquemas de concesión, la inversión vial era financiada enteramente por el sector público, tras la inviabilidad que imprimían estos tipos de infraestructuras para el sector privado (por ser considerados monopolios naturales¹⁰). Actualmente dicha figura se revirtió pasándose a un cofinanciamiento de éste en la construcción, mantenimiento y operación de carreteras.

Se debe señalar que las inversiones privadas se han incrementado en los últimos años según se observó anteriormente en la Figura 13. En el caso de la infraestructura vial, dichas inversiones fueron facilitadas a través de licitaciones diseñadas a aquellas empresas que solicitaron menos gastos del gobierno en dicha vía y mayor ingreso por peaje para el Estado (% del ingreso neto).

Sin embargo, en la actualidad este tipo de proyectos son acompañados por continuos problemas sociales que alargan el tiempo para construir vías;

¹⁰ Según Gallardo (1999) la definición del monopolio natural es cuando las condiciones del mercado sólo permiten que la opere una empresa (ver subaditividad de costos: Baumol, Panzar y Willig, 1982). Spiller y Levy (1996) añaden a ello que existen en dichos mercados: costos irre recuperables (hundidos); fuerte inversión; y consumo masivo.

casetas de peaje; señalética; etc., sino que también se vean afectados por problemas políticos; económicos; y jurídicos (por ejemplo los problemas involucrados en las redes viales de IIRSA, entre otros).

Asimismo, dentro de este tipo de inversiones donde se incluyen tanto nacionales como extranjeras, es necesario señalar que coexisten riesgos inherentes como, entre otros, del tipo de cambio. Empresas con altas deudas en moneda extranjera están también altamente expuestas a sus depreciaciones. Otros temas álgidos para Ruster (1997) son:

- ✓ Múltiples errores en la creación de los contratos de concesión
- ✓ Mercados financieros locales poco desarrollados
- ✓ Bajo blindaje macroeconómico
- ✓ Poco poder del gobierno en la regulación de concesiones
- ✓ Alta volatilidad en las tasas de interés para financiar proyectos de largo plazo
- ✓ Incapacidad institucional

La falta de un buen mecanismo de diseño de contratos por parte del Estado desincentivaría las inversiones creando incertidumbre en el corto y mediano plazo, renegociándose nuevamente los contratos firmados e incrementándose el riesgo de recuperación de la inversión. Ello se vería reflejado en el alza de los peajes, demoras en la ejecución de obras, etc., perjudicando finalmente al usuario por el incremento en el costo de inversión (Pereyra, 2001; Engel et al., 2008).

En el caso de Perú, Bonifaz et al (2002) señaló que los temas que perjudicaron la concesión de la Red Vial N°5 fueron la poca capacidad del Estado para fijar precios en el peaje y errores en el contrato de concesión.

Por lo tanto, se podría avizorar que de no contar con mecanismos que mejoren los contratos de concesión, se podría desincentivar a las firmas concesionarias. En este punto existe una importante literatura inherente a la naturaleza incompleta de los contratos. Williamson (1976) analiza que debe generarse competencia desde las subastas; y complementariamente regular

al concesionario. Las diferencias entre ambas es que se centran en su grado de alcance. Aunado a ello, Levy y Spiller (1994) examinaron arreglos contractuales en el sector de telecomunicaciones de cinco países (Argentina, Chile, Jamaica, Filipinas y el Reino Unido) donde exploraron como las condiciones políticas tienen un efecto en el proceso de regulación a partir de la expropiación administrativa o la manipulación de las instituciones, afectando el performance del sector económico.

Por un lado, tener al Estado en el cofinanciamiento de la red vial, permite disminuir los riesgos no estimados correctamente por la entidad privada respecto a la demanda del flujo vehicular, no recuperando el total invertido y como consecuencia de ello a un probable incremento en el peaje. Por otro lado, la participación del Estado es asimismo fortalecida con la coparticipación de las entidades privadas, debido a la ayuda financiera que permite paliar la restricción presupuestaria. Mantener plenamente dicha infraestructura es muy oneroso, generando problemas económicos difícilmente sostenibles en el tiempo. En el trabajo realizado por la CAF (2010), analizaron las ventajas de las coparticipaciones tanto del Estado como de la empresa privada, dentro de las cuales estaban la presión que ejerce el concedente (Estado) al concesionario (Firma) para que brinde un nivel alto de calidad, mayor eficiencia; y financiamiento adicional sin comprometer recursos públicos.

De otro lado, tanto la firma como el Estado pueden operar exclusivamente ciertos tramos de la red pueden. Así, en el trabajo realizado por Bonifaz, Urrugna y Wakeham (2001) discuten la posibilidad de la separación de tramos rentables y no rentables, relacionándolo en función a los subsidios cruzados.

3.2 Principales casos de concesiones viales en el Perú

Hasta el 2016, la principal red vial concesionada y finalizada fue la carretera que une Arequipa con Matarani, habiéndose invertido cerca de S/. 17.8 millones cuyo concesionario fue la firma Graña y Montero, según datos recogidos en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Según dicho ministerio, desde el lado de las concesiones otorgadas al 2016 se encuentran la autopista del Sol que une a Trujillo con Sullana (475 km); los desvíos (pistas o ramales del eje central) para la concesión Arequipa –

Matarani (428 km); la carretera longitudinal de la Sierra – Tramo 2 que une a Trujillo con Cajamarca (875 km); y por último la Red Vial N°5 y N°6; que en el primer caso une los tramos Ancón, Huacho, Chancay y Pativilca. Mientras que la segunda se une desde el puente Pucusana, Cerro Azul, Chincha Alta hasta Guadalupe.

Por último, las carreteras concesionadas bajo el Programa de Integración de Infraestructura Regional Sudamericana – IIRSA se encuentran los ejes de Amazonas; Perú – Brasil – Bolivia; el eje Interoceánico (Perú, Brasil, Paraguay, Bolivia y Chile); y el eje Andino (Perú, Ecuador, Brasil, Paraguay, Bolivia y Chile), que incluye entre ellas al programa Costa Sierra (Vidal, 2009).





CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 Objetivo del Modelo Económico

En el anterior capítulo, se observó que no solamente las inversiones privadas son importantes para incrementar los niveles de infraestructura vial en el país, sino que también las inversiones públicas en este tipo de infraestructuras son necesarias para fortalecerlas. Ante ello, para evidenciar que la inversión del sector público tiene una importante participación en las redes viales, se estimó conveniente llevar a cabo aquella metodología que capte en el largo plazo y permita evidenciar alguna relación entre la participación del Estado en las inversiones viales y consecuentemente un mayor impacto dentro de la economía peruana.

Ante ello, el principal objetivo del modelo económico es demostrar cómo la intervención del capital privado junto a la inversión del Estado dentro de la construcción de infraestructuras viales y si dicha participación conlleva a un aumento de la economía. Se presentará un esquema donde la economía dependa de algunas variables. Asimismo, un análisis del comportamiento de los agentes consumidores; la inversión de la firma; y la función de gasto del gobierno.

4.2 Breve reseña literaria

La literatura económica es prolija respecto al análisis de las inversiones en obras públicas y su impacto dentro de la economía. Dentro de los pioneros se encuentra Aschauer (1989) quien resalta la importancia de este tipo de esquemas infraestructura – crecimiento económico. Dicho autor estimó la relación entre la productividad agregada de EEUU y el stock así como el flujo de gasto del gobierno norteamericano en el largo plazo. Entre sus principales resultados, encontró la importancia de considerar los gastos en el “*core infrastructure*” o infraestructura vital para la población, entre ellas la infraestructura para calles, carreteras, aeropuertos, etc. en la generación de productividad en la economía.

En el trabajo realizado por Vidal (2009), recopila otros autores que investigaron muchas relaciones existentes entre la inversión en capital y la economía, los que destacan por ejemplo la importancia de la inversión en maquinaria y equipo (Long y Summers, 1990); la inyección de nuevas tecnologías (Aghion y Howitt, 1990); lo fundamental que es el gasto público en estas inversiones (Barro, 1993), destacándose entre otros en transporte (Easterly y Rebelo, 1993); asimismo la importancia del corto plazo en las inversiones en obras públicas (Sala-i-Martin, 2000); su relación con la distribución del ingreso (Chong y Calderón, 2000); la significancia de la calidad y la cantidad de infraestructura que se brinda a la economía (Servén y Calderón, 2004); así como su incidencia en las variables macroeconómicas (Estache y Fay, 2007); la relación directa con la inversión en carreteras (Bendezú y Vasquez, 2008); entre otros.

Un trabajo reciente e interesante es el de Dissou y Didic (2013), quienes recopilaron estudios empíricos entre inversión en obras viales, economía y pobreza. Señalaron que algunos estudios demostraron una relación fuerte entre ambas pero que ésta depende de: i) el tipo de consumidor para observar la significancia del efecto de la misma infraestructura sobre la economía; y ii) que el desarrollo de dicha infraestructura gatilla el consumo per cápita anual en 11% en promedio en países emergentes (Khandker et al, 2009).

Así, a manera de una conclusión previa de trabajos relacionados a la relación positiva entre el aumento de los niveles del PBI de un país con

mayor cantidad de infraestructuras viales, se muestran algunas elasticidades que arrojaron dichos trabajos empíricos (ver Cuadro 8).

Cuadro 8

Elasticidad entre Inversión en Infraestructura Vital y Crecimiento Económico					
Estudios	Países Evaluados	Muestra	Variable Infraestructura	Metodología	Elasticidad
Aschauer (1989)	EEUU	1949 - 1985	Gasto público en capital no militar	MCO	0,30
Easterly y Rebelo (1993)	28 países en desarrollo	1970 - 1988	Gasto en transporte y telecomunicaciones	MCO	0,16
Deverajan, Swaroop y Zou (1996)	43 países en desarrollo	1970 - 1990	Gasto en transporte y telecomunicaciones	Panel de efectos fijos	-0,025
García – Milá, McGuire y Porter (1996)	EEUU (48 estados)	1971 - 1983	Gasto público en agua y desagüe y autopistas	Panel de efectos fijos	-0,058 y -0,029
Sánchez – Robles (1998)	57 países 19 países de Latinoamérica	1970 - 1985	Índice de Infraestructura	MCO	0,009 0,012
Duggal, Saltzman y Klein (1999)	EEUU	1960 - 1989	Gasto público en caminos y estructuras	MCO, especificación no lineal	0,27
Canning (1999)	57 países en desarrollo	1960 - 1990	Telecomunicaciones	Panel de efectos fijos	0,139
Esfahani y Ramírez (2003)	75 países	1965 - 1995	Telecomunicaciones y energía	MCO 2 Etapas	0,091 y 0,156
Rivera y Toledo (2004)	Chile	1975 - 2000	Inversión sectorial en infraestructura	Cointegración	0,16
Calderón y Servén (2004b)	101 países	1960 - 2000	Índice de Infraestructura	Panel de efectos fijos MGM	0,0195 0,0207
Vásquez y Bendezú (2008)	Perú	1940 - 2003	Caminos	Cointegración	0,218
Straub, Vellutini y Wartlers (2008)	92 países emergentes 40 países de bajos ingresos	1971 - 1995	Telecomunicaciones, caminos y energía	Panel de efectos fijos	0,028; 0,029 y 0,018 0,03

Urrunaga y Aparicio (2012)	Perú	1980 - 2009	Infraestructura de carreteras, telecom y energía eléctrica	Panel de efectos fijos	
----------------------------	------	-------------	--	------------------------	--

Fuente: Urrunaga y Aparicio, 2012

Por el contrario, hubo trabajos que encontraron una débil relación entre infraestructura y su impacto en la economía. Por ejemplo, el Banco Mundial (1994) señala que existe otra variable que hace crecer tanto a la infraestructura como a la economía, independientemente de que se relacionen. Pero también concluye que es la economía la variable exógena que hace crecer a la infraestructura, siendo la variable endógena. De otro lado Canning (1999) demostró que no hay suficiente recolección de datos en el tema de la construcción de infraestructura. Otros también señalan relaciones espúreas; la forma funcional del Cobb-Douglas presentada para demostrar dicha relación; y el poco grado de desagregación utilizados en los datos econométricos (Boscá et al., 2011).

Por último, un trabajo reciente de Crescenzi y Rodriguez – Pose (2012) mostraron que los bajos retornos en invertir en infraestructura en la Unión Europea no significaron un crecimiento en dicha región sino que estuvo ligado a una capacidad innovadora y en la capacidad de generar mayor densidad poblacional a través de las migraciones.

4.3 Presentación del modelo económico

El presente trabajo muestra un equilibrio dinámico no estocástico con economías de mercado¹¹, que tiene varios consumidores, representando también un mercado de bienes, de factores, tanto de capital como de trabajo, así como la participación del Estado. También este modelo permite esquematizar la participación estatal dentro de un contexto de mayor desarrollo de infraestructura vial, que como se ha presentado en la literatura económica, permite el crecimiento económico de largo plazo. Para sistematizar el mejor entendimiento y desarrollo del modelo, se plantea la complementariedad del capital público y privado que debe representar la modalidad de asociación entre ambos.

¹¹ Un modelo similar se plantea en Vidal (2009).

4.3.1 Individuos

En cuanto a los individuos existen preferencias de consumo, con externalidades,¹² de redes viales, la cual refleja la participación del individuo en una actividad y que puede incidir en el bienestar de terceros. El consumo de cada persona (c_i) por carreteras y el consumo de la sociedad misma (\bar{C}) por consumir dichas infraestructuras, por lo cual se establecen un consumo relativo (c/\bar{C})¹³.

Mientras que la no exclusión a otro individuo por el consumo de dicha red se refleja en (α), ello bajo ciertos supuestos que responden principalmente a que las redes viales son bienes públicos, rivales y excluyentes. Es un bien público porque lo consumen todos los individuos; un bien rival porque existirá otra red vial que pueda “competir” con ésta (vías alternas que son incluidas como parte de los contratos de concesión); y es excluyente porque para acceder a esta vía se tendrá que pagar un peaje para utilizarla (en el caso de las concesiones de carreteras concesionadas). Cabe señalar que una de las grandes externalidades negativas que genera este tipo de bienes es la congestión, llegando en un momento a observarse que el consumo de un individuo afecta al consumo del otro usuario al utilizar dicha infraestructura.

Es así que al plantear la función de utilidad se observa que el consumo conjunto de la sociedad es descendiente tras el acceso el mayor consumo por infraestructura, por lo que a mayor número de individuos que utilizan las redes viales existirá una mayor generación de externalidades negativas y por lo tanto un menor disfrute del bien, impactando directamente en la generación de un menor bienestar.

$$(1.A) \quad u(c_{i,t}, \bar{C}_i) = c_{i,t}^\alpha \left[\frac{c_{i,t}}{\bar{C}_t} \right]^{1-\alpha}$$

¹² La literatura económica ‘Keeping up (catching up) with the Joneses’, refleja la participación del individuo en una actividad y que puede incidir en el bienestar de terceros.

¹³ Una aproximación es la Hipótesis del Ingreso Relativo planteado en ‘Income, Saving and the Theory of Consumer Behavior’ por J. Duesenberry (1949) el cual se deriva a partir de un nivel de consumo dado, ésta depende de la magnitud relativa de consumo de la sociedad.

Linealizando la función de utilidad se obtiene:

$$(1.B) \quad u(c_{i,t}, \bar{C}_i) = \alpha \ln(c_{i,t}) + (1 - \alpha) [\ln(c_{i,t}) - \ln(\bar{C}_t)]$$

Cabe mencionar que dicha función de utilidad es cóncava, así como finita y acotada en el largo plazo (ya que infinitamente se aproximaría a cero).

Asimismo estos individuos tienen una restricción presupuestaria que considera la generación de ahorros / inversiones en el tiempo ($B_{t+1} - B_t$) que es igual a la diferencia entre ingresos constituidos por la posesión de activos que generan un tipo de interés (rB) además del salario (wL); restándole a su vez el consumo de dicha red vial (c). Se observa que la sociedad aumenta constantemente (η). Así, las rentas de los individuos que proveen de fuerza de trabajo y poseen activos financieros son destinados o al consumo o al ahorro.

Asimismo, los individuos tienen activos (B_t) donde podrán ser acreedores o deudores. Así, el aumento del ahorro / inversión de los individuos se deriva de la posesión de activos, incrementándose si existen mayores ingresos (por salarios o rentas) o la reducción del consumo:

$$\dot{B} = B_t - B_{t-1} = wL + rB - C$$

El consumo por persona es ($C/L = c$) y por activos es ($B/L = b$)¹⁴, se tiene que en términos per cápita, la ganancia derivada de la posesión de activos es la restricción presupuestal, es decir, el crecimiento de los activos dependen tanto del ahorro y del stock de activos limitada por la tasa de crecimiento poblacional.

Por lo tanto, la maximización del consumo de los individuos se puede expresar de la siguiente manera¹⁵ (ecuación 2):

¹⁴ Se determina la primera derivada de b respecto al tiempo, por lo que:

$$\dot{b} = \frac{\dot{B}}{L} = \frac{\dot{B}L - \dot{L}B}{L^2} = \frac{\dot{B}}{L} - \frac{\dot{L}B}{L^2} = \frac{\dot{B}}{L} - \frac{\dot{L}}{L} * \frac{B}{L} = \dot{b} - nb$$

¹⁵ Ver anexo N°1A

$$(2) \quad \max_{c_i} U(0) = \int_0^{\infty} e^{-(\rho-\eta)t} \left(c_{i,t}^{\alpha} \left[\frac{c_{i,t}}{\bar{c}_t} \right]^{1-\alpha} \right) dt$$

$$s. a \quad \dot{b} = w + r b_t - c_t - \eta b_t$$

Donde: $b(0) > 0$

La tasa de descuento afectada por la marginalidad del crecimiento poblacional es $(\rho - \eta)$. Dicha tasa de descuento representa la preferencia de consumir en el presente que en el futuro, por lo que ρ es mayor que η .

Es así que al optimizar el consumo (ecuación de Euler) se define que las preferencias a consumir dichas redes viales en el tiempo dependerán si la tasa de rendimiento de los activos será mayor que la tasa de descuento¹⁶:

$$(3) \quad \frac{\dot{c}_t}{c_t} = (r - \rho)$$

Dicho de otro modo, si se expresa nuevamente la ecuación 3 en $(\rho + \dot{c}_t/c_t = r)$, el miembro izquierdo de la ecuación es el beneficio que proporciona la utilización de la infraestructura vial. El cambio del consumo de los usuarios es vital, ya que valorizará más el consumo presente si éste es positivo, o valorizará más el consumo futuro si éste es negativo.

4.3.2 Firma

De otro lado, la firma invierte en la construcción de las redes viales, por lo que la convierte en un monopolio natural *per se*; y cuya inversión del capital es (K) .

En el modelo también se introduce además el gasto público (G) que representa el gasto del gobierno de una cierta cantidad suministrada en la construcción de las vías en el tiempo, para su mantenimiento y/o rehabilitación (Varian, H., 1999)¹⁷. Cabe señalar que el gobierno destina mayores recursos públicos por el bien capital, lo que aumentará la contribución a la generación de flujos productivos

¹⁶ Ver anexo N°1A: Problema de los individuos

¹⁷ Es rival pero no excluyente.

dentro de los sectores económicos, como el comercio y servicios (turismo principalmente), entre otros, que utilizan intensamente dichas infraestructuras.

Sin embargo, lo más importante en este tipo de modelos es que se asume una asociación entre el Estado y la empresa para la construcción de las vías de transporte terrestre. A medida que la coparticipación entre el gobierno y la firma en invertir en este tipo de infraestructuras sea eficiente, mayor será el impacto dentro de la economía.

Por lo tanto, en términos per cápita, la firma será representada de la siguiente forma:

$$(4) \quad f(A, k, g) = k^\theta (g)^{1-\theta}$$

El cual es tomado a partir de la propuesta de Barro (1990), donde se considera que es un bien privado (rival y excluible) provisto por la empresa, pero con apoyo también del gobierno. Como se puede observar las participaciones relativas de cada factor productivo se mide a través de (θ) , definidos como las elasticidades de los factores. En tanto, el factor tecnológico se normaliza (igualándose a 1) ya que será una constante dentro de este tipo de infraestructuras.

El problema de la firma se puede enunciar de la siguiente forma en la función de beneficios y en términos per cápita:

$$(5) \quad \pi = jf(A, k, g) - (r + \delta)k - w$$

Donde la función ingreso puede definirse como una función que depende de la producción ($f(A, k, g)$) pero además de un término (j) que captura la intervención de la empresa privada en las inversiones en infraestructura vial mediante una tarifa. A ello se le resta el costo por capital humano y físico.

Asumiendo competencia perfecta ($\pi = 0$) y maximizando el capital que invierte la firma, se obtienen los precios de los costos de producción, los cuales son:

$$(6) \quad r = \theta j k^{\theta-1} g^{1-\theta} - \delta \quad \vee \quad r + \delta = \theta j \left(\frac{g}{k}\right)^{1-\theta}$$

$$(7) \quad w = (1 - \theta) j k^{\theta} g^{1-\theta}$$

Dicha tarifa como se muestra en la ecuación 6, está comprometida de manera directa por el costo del capital físico; y de manera indirecta con las cantidades óptimas del capital público y privado. Lo interesante de este análisis es que la intervención de la empresa privada en este tipo de infraestructura tiene una relación directa al cobro por el uso de las redes viales. Quiere decir que al subastar estas grandes obras viales, el Estado establece un precio de competencia (tarifa social) haciendo que la empresa tenga incentivos a reducir sus costos a través de las productividades de sus factores.

En el detalle, como estas infraestructuras solamente consideran a un solo operador (monopolio natural), exhibiendo costos hundidos muy altos (subaditividad de los costos), si las tarifas se encuentran reflejadas en dichos costos, entonces los usuarios no podrían acceder al uso de las carreteras si estas reflejan la magnitud de la inversión en el corto plazo; por lo tanto la firma no recuperaría su inversión. Entonces, eso lleva a pensar que la intervención de la empresa dentro de este tipo de inversiones debe ser analizada previamente ya que las tarifas podrían verse alteradas. Para que ello no suceda, las productividades reflejadas en las participaciones de cada agente $\left(\theta j \left(\frac{g}{k}\right)^{1-\theta}\right)$ deberán ser menores en conjunto al retorno de la inversión $(r + \delta)$, suponiéndose solamente que las tarifas sean solamente alteradas por el costo de vida.

4.3.3 Gobierno

Mientras que desde el lado del gobierno, este genera recursos públicos a través de la recaudación al sector privado, principalmente; y con ello financia la construcción, mantenimiento y/o rehabilitación de las redes viales. Por lo tanto, el Estado cuenta con un erario fiscal $(G = T)$ en el largo plazo. Pero también, el gasto es una función dinámica en el tiempo y contempla la inversión en este tipo de infraestructuras como parte de una asociatividad con el sector privado, por lo que ésta deberá ser:

$$(8) \quad \dot{G} = (1 - j)Y - \delta G$$

En términos per cápita:

$$(9) \quad \dot{g} = (1 - j)y - (\delta + n)g$$

Donde la función de gasto público per cápita considera un porcentaje de la renta de las firmas $[(1 - j)y]$, las cuales se reflejan en la recaudación del Estado¹⁸. Es decir, a mayor renta mayor recaudación realizada a las firmas, por ende el gasto público en infraestructuras viales se incrementará en proporción a éstas. Asimismo, dentro de dicha función se encuentra la depreciación del gasto público en infraestructura (δg) y la población (ng) .

Cabe señalar que el gasto del gobierno provee de recursos de capital físico al sector productivo o un insumo de producción que se suministra nuevamente en cada momento del tiempo permitiendo incrementar el nivel de producción de las firmas constantemente.

Por lo tanto, la dinámica del gasto público contiene la tarifa que muestra la coparticipación de la infraestructura vial.

4.3.4 Equilibrio del modelo

Para hallar el equilibrio de este modelo, se supone que los consumidores de las firmas se encuentran en pleno empleo, igualando tanto oferta como demanda laboral. Así también, los tipos de interés que pagan las firmas son los mismos que cobran los consumidores. Además, debe recalcarse que el precio que cobran las firmas por el bien producido es el mismo que pagan los consumidores (el cual se normaliza a 1). Además, en el mercado de fondos prestables, los precios de los activos se ajusta hasta que todos los créditos son exactamente iguales a los débitos, concluyéndose que la deuda agregada es nula y el único activo neto es el capital físico.

¹⁸ El gasto de se financia con impuestos sobre la producción, cuyos recursos son obtenidos por impuestos directos (a las ventas) e indirectos (renta): $g = (1 - j)k^\theta g^{1-\theta}$

En el sistema de ecuaciones estará conformado por:

✓ Para las familias:

$$\frac{\dot{c}}{c} = r - \rho$$

$$\dot{k} = w - c + (r - n)k$$

✓ Para las firmas:

$$w = (1 - \theta)j \left(\frac{g}{k}\right)^{1-\theta}$$

$$r = j\theta A k^{\theta-1} g^{1-\theta} - \delta$$

✓ Para el Estado:

$$\dot{g} = (1 - j)k^{\theta} g^{1-\theta} - (\delta + n)g$$

$$g = (1 - j)k^{\theta} g^{1-\theta}$$

Si se reemplaza los parámetros óptimos en las trayectorias tanto de la cantidad demandada, capital y la inversión del Estado se obtiene las Ecuaciones de Movimiento:

✓ Consumo:

$$\frac{\dot{c}}{c} = \theta j \left(\frac{g}{k}\right)^{1-\theta} - \delta - \rho$$

✓ Capital:

$$\dot{k} = j k^{\theta} g^{1-\theta} - c - (\delta + n)k$$

✓ Gasto:

$$\dot{g} = (1 - j)k^{\theta} g^{1-\theta} - (\delta + n)g$$

De estas ecuaciones, una de las más importantes es la que se desprende de la evolución del gasto (\dot{g}) en la coparticipación de las obras viales. En el detalle, éste es afectado por el costo de las inversiones reflejadas en las tarifas descontadas $((1 - j))$ además

de la depreciación del capital traducido en la construcción de las infraestructuras. Cabe señalar que el gasto se reducirá en el tiempo y tenderá al equilibrio en el largo plazo.

Como se mencionó anteriormente, para que el Estado invierta en estas infraestructuras de altos costos hundidos debe haber eficiencia del aparato gubernamental sobre el gasto de tal forma que sea un Estado que anticipe y observe el bienestar social *a priori*, el cual debería generar dichas carreteras siempre y cuando la capacidad presupuestal limitada esté alineada con las reglas fiscales y sean sostenibles en el tiempo.

Del análisis del modelo se desprende que un mayor auge económico mejora el bienestar de la sociedad, debido principalmente a que los niveles de inversión pública y privada que se dan en grandes infraestructuras (monopolios naturales, principalmente) afectan positivamente al consumo, al stock de capital total, al gasto de gobierno en el tiempo. Este crecimiento está en función de parámetros estructurales del modelo como la intervención de la firma en el sector de infraestructuras viales, reflejado tanto en el grado de aporte en las tarifas (j) y en las elasticidades del gasto de capital privado y público (θ).

Asimismo, se observa claramente que los recursos suministrados por la firma (\dot{k}) en el tiempo, sea por recursos de capital o como un insumo que permita incrementar el nivel de su producción, tienen como complemento a los niveles de capital público (g) a fin de incrementar los niveles de inversiones en las redes viales.

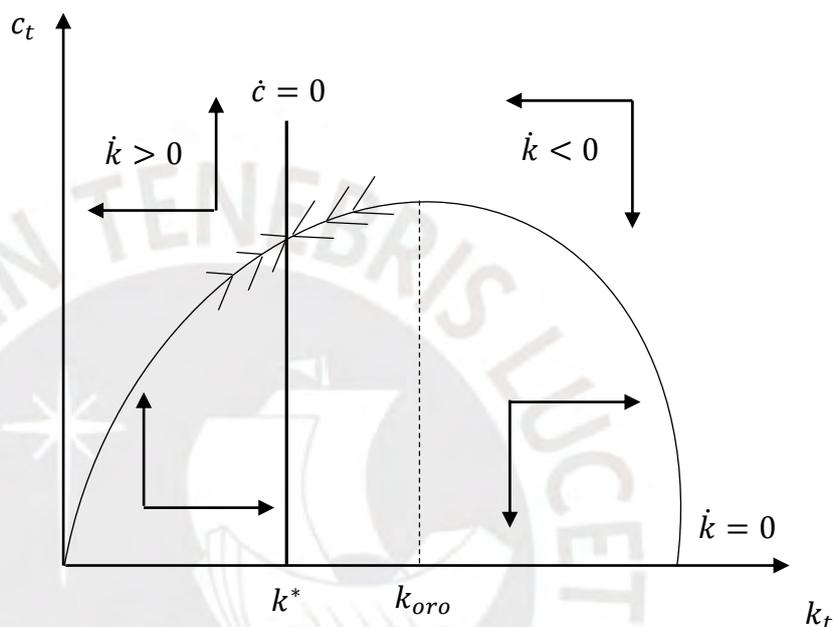
Cabe señalar que dentro del modelo general, al analizar la participación del grado de individualidad (α), no cuenta con una mayor relevancia dentro del equilibrio y que sirve solamente para reconocer que el consumo de este tipo de infraestructuras genera externalidades negativas en el tiempo.

4.3.5 Dinámica de transición del modelo

En este modelo neoclásico se puede observar que la dinámica tanto del consumo per cápita como del capital per cápita son coherentes

con la teoría económica. En ella se puede analizar que el capital óptimo (k^*) hallado se encuentra en un estado estacionario estable (Dibujo 1)¹⁹ el cual permite contar a su vez con un consumo óptimo, todo ello dentro del marco presentado de la asociatividad del capital privado con el gasto público de redes viales nacionales.

Dibujo 1



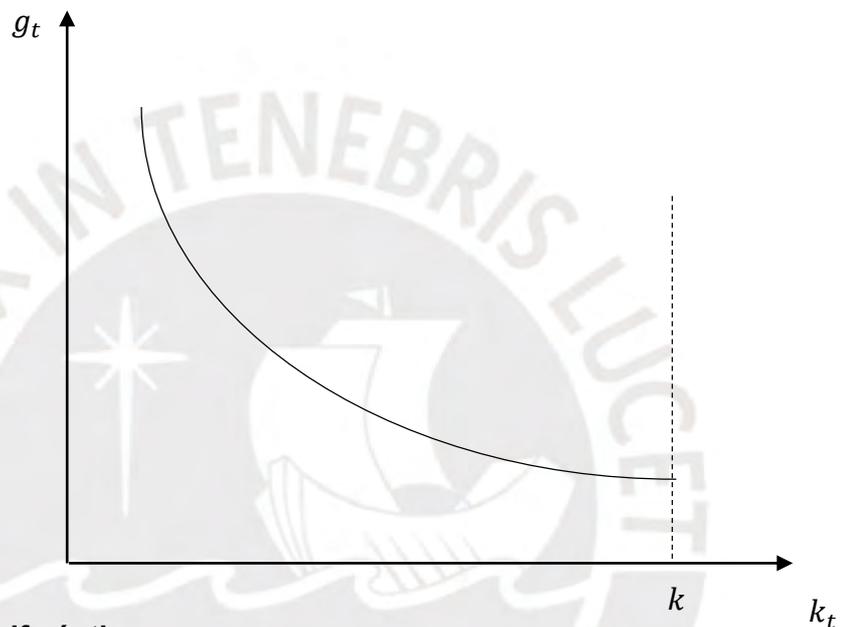
Sin embargo ello no ocurre al proyectar la dinámica del gasto público respecto al capital privado invertido en carreteras. Claramente en el Dibujo 2 la relación del gasto público con las inversiones privadas es inversa, no existiendo un capital óptimo estable debido a que (dentro de la función de gasto óptimo) si se incrementase el capital, éste podría tener una senda negativa o no. Es decir, existen algunos factores que inciden en esta evolución como la participación del capital (θ) y de la tarifa (j).

Si al asumir una participación pequeña del capital ($\theta \approx 20\%$) entonces la evolución en el tiempo del gasto será menor al incrementarse el capital. Pero, si la participación se encuentra por encima de ese porcentaje ($\theta > 20\%$), el gasto sería exógeno al modelo y simplemente obedece a temas que colindan con la política

¹⁹ Ver Anexo 1.C

gubernamental del Estado. Asimismo, la tarifa es importante ya que debería ser considerada un factor de incentivo para la inversión privada en estas infraestructuras de alto costo inicial, ya que la tarifa debería ser lo más baja posible para que la sociedad pueda acceder al consumo de dicha red vial.

Dibujo 2



4.3.6 Tarifa óptima

Para hallar la tarifa óptima se considera que las familias son propietarias de las empresas que invertirían en este tipo de infraestructuras. Entonces, considerando una economía cerrada de corto plazo, se presentarían las funciones de producción y de gasto público antes tanto en la sección de empresas como el del gobierno:

$$(10) \quad Y = AK^\theta G^{1-\theta}$$

$$(11) \quad G = (1 - j)Y$$

Operando las variables²⁰ y considerando el equilibrio en los fondos prestables, se obtiene un crecimiento del capital per cápita similar a

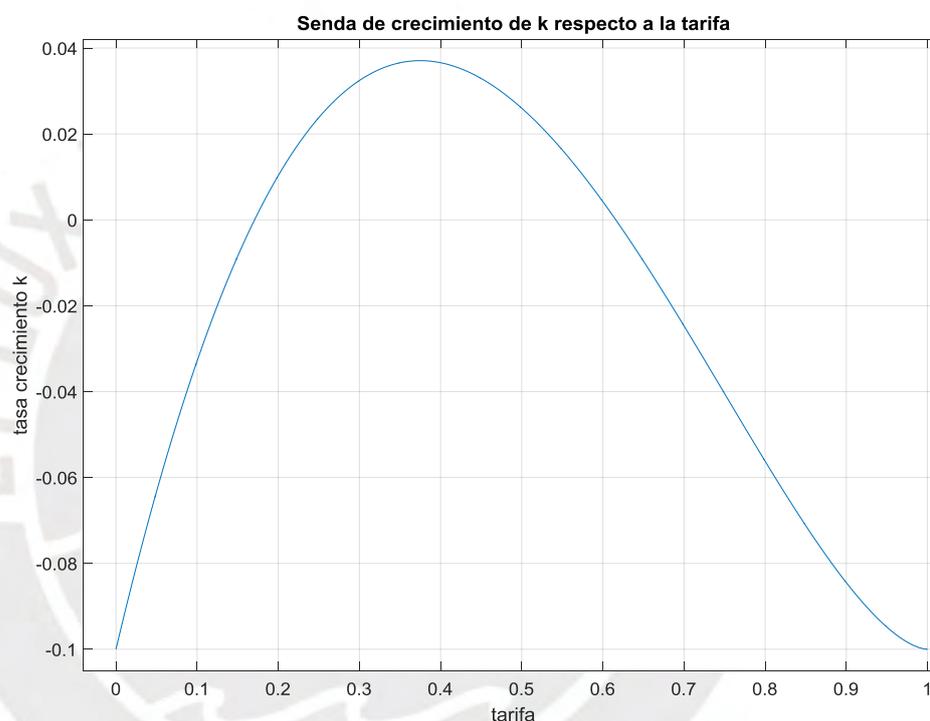
²⁰ Ver Anexo 1.E

la que anteriormente se mostraron en las ecuaciones de movimiento, salvo que en esta ocasión se introduce el nivel de ahorro per cápita:

$$(12) \quad \frac{\dot{k}}{k} = sj(1-j)^{\frac{1}{\theta}-\theta} - (\delta + n)$$

Entonces, la trayectoria que tendría el aumento del capital per cápita respecto a la tarifa se muestra en el Dibujo 3:

Dibujo 3



Como se observa en el Dibujo 3, la participación óptima de los inversionistas privados dentro de la tarifa total y que permitiría las mayores tasas de crecimiento del capital estaría en aproximadamente 38% del valor total de la tarifa; mientras que el 62% del total restante lo asumiría el sector público. Ello obliga al Estado a que necesariamente debe ser el agente con mayor participación en este tipo de inversiones (acorde también con la literatura presentada), cuyas recuperaciones se verán reflejados en la tarifa.

A manera de conclusión en este acápite, se podría observar que en el bienestar de la sociedad, las inversiones en infraestructura tienen una buena repercusión dentro de ella porque dinamiza el consumo. No obstante, al analizar qué tanto pueden participar ambos agentes (privado y público) en inversiones complementarias en la construcción de este tipo de infraestructura, se podría asumir que el Estado tiene siempre como objetivo minimizar el gasto debido a una fuerte restricción presupuestaria que puede estar sujeta a varios factores económicos, políticos o sociales, dejando que la firma participe más en este tipo de infraestructura, siempre y cuando exista una tarifa social que permita a la sociedad acceder a utilizar dichas redes viales.

4.4 Análisis estadístico y econométrico

El análisis econométrico está enfocado a corroborar cómo la inversión privada en infraestructura vial, con coparticipación del gobierno, en la construcción, el mantenimiento y/o rehabilitación de las redes viales afectan al bienestar de la sociedad medida a través del crecimiento económico.

Así, se realizó primeramente un análisis estadístico descriptivo e inferencial para detectar algunos quiebres estructurales u observaciones erráticas, entre otros problemas que podrían presentar estas series, para luego realizar el modelo econométrico que demuestre si continúa dicha relación en el tiempo.

4.4.1 Método y delineación del trabajo estadístico

Para explicar la relación del capital privado invertido en infraestructura vial y el gasto de gobierno invertido en el sector transporte con el crecimiento económico se utilizaron las bases de datos presentadas tanto por el Banco Central de Reserva del Perú en lo que se refiere al Producto Bruto Interno en millones de soles (S/.); el Banco Mundial a través del programa Participación Privada en Infraestructura (PPI en siglas en inglés) para el caso del análisis de la inversión privada presentada en millones de dólares americanos (US\$). En el caso del gasto público se obtuvo de la Dirección Nacional de Presupuesto Público del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) que presentan el gasto devengado en

construcción, mantenimiento y/o rehabilitación del carreteras nacionales. En las tres bases de datos, el período de análisis de las series en mención fue desde 2003 hasta el 2015.

✓ **Variable endógena**

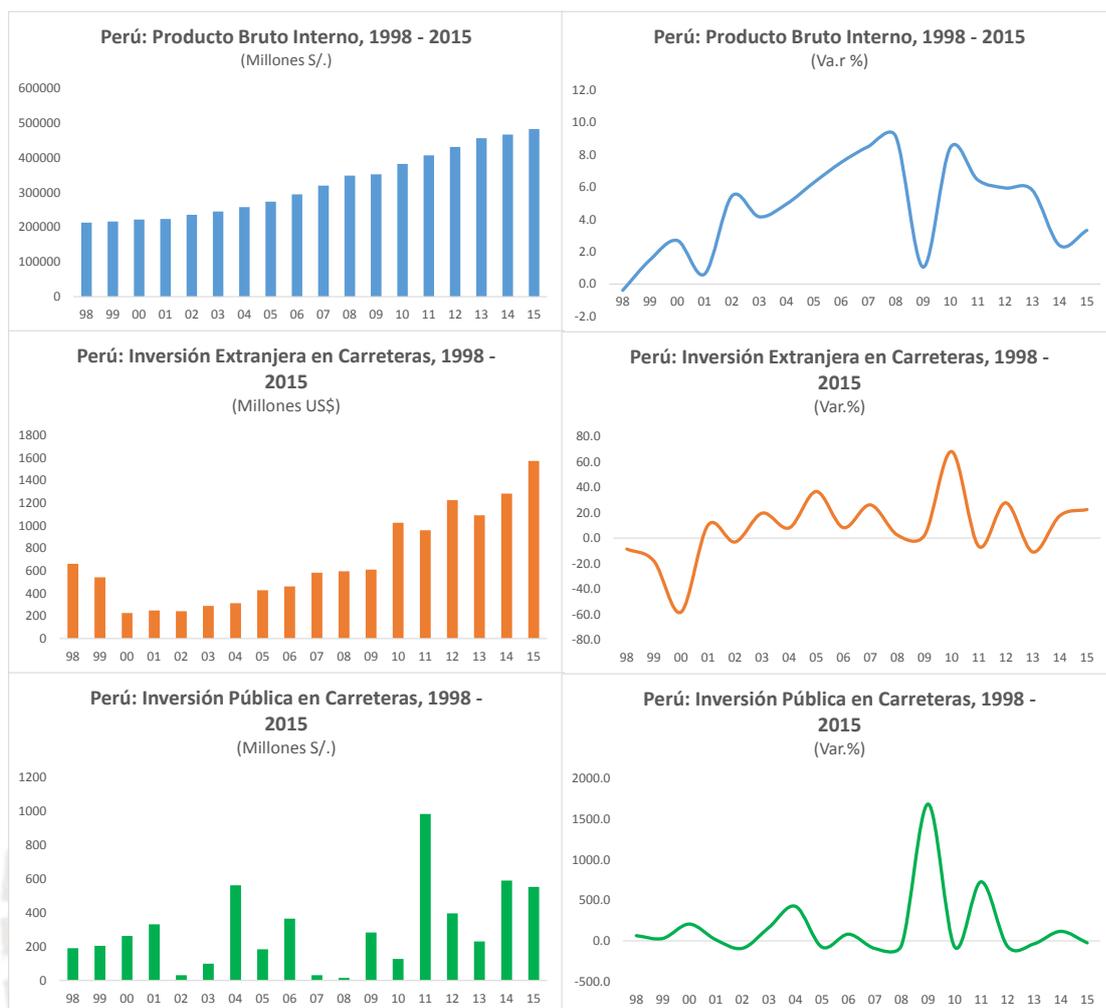
Crecimiento de la economía peruana. Esta variable refleja la tasa de crecimiento anual (variaciones porcentuales) que viene mostrando el Perú en su conjunto, siendo explicada por las variables exógenas mostradas a continuación.

✓ **Variables exógenas**

Crecimiento de la inversión privada en carreteras nacionales. Esta variable refleja la tasa de crecimiento de la inversión de empresas privadas (nacionales e internacionales) que licitaron con el Estado para el desarrollo de distintos proyectos viales de inversión como carreteras, puentes y túneles.

Crecimiento del gasto público en carreteras departamentales. Esta variable muestra como el incremento del gasto público que realiza el Estado, llámese construcción, mantenimiento y/o rehabilitación en las redes viales (principalmente departamentales), afecta al nivel de crecimiento de la inversión del sector privado.

Figura 16



Fuente: Banco Mundial, Ministerio de Economía y Finanzas y el Banco Central de Reserva del Perú

4.4.2 Análisis estadístico de las variables

Con la finalidad de analizar la relación que tienen las inversiones dentro de la economía peruana, se estima conveniente analizar primeramente la correlación de las inversiones nacionales de los principales sectores económicos respecto al Producto Bruto Interno (ver Cuadro 9). Los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), muestran que la variable que se asemeja a la inversión en los principales sectores económicos es la Formación Bruta de Capital²¹ medidas a través de una participación relativa. Claramente se puede observar que la inversión en el sector transportes y comunicaciones es uno de los sectores con mayor

²¹ Según el Sistema Europeo de Cuentas (SEC), es la reposición de los activos utilizados por los agentes económicos con otros nuevos.

correlación con la economía, es decir, que existe un relación alta entre las inyecciones de capital y el ciclo expansivo de la economía.

Cuadro 9

Perú: Correlación de las Inversiones Nacionales^{1/} por Sectores Económicos vs. PBI Peruano, 1998 - 2012

Sectores vs. Economía	Agropecuario	Trasportes y Comunicacio	Energía y Minas	Industria, Comercio y Turismo	Pesquería
PBI	0.830	0.720	0.627	0.599	0.472

1/ Formación Bruta de Capital. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

No obstante, el capital que proviene directamente del exterior se dirigen a distintos sectores económicos, según los datos proporcionados por la Agencia de la Promoción para la Inversión Privada (PROINVERSIÓN), se observa que entre los principales sectores analizados, el sector transporte queda relegado al último lugar. Un argumento posible ante dicha correlación es que en las décadas del 80 y 90 se observaron pocas aperturas a las inversiones extranjeras en el sector transporte, cosa contraria lo que sucedió al inicio de la década pasada donde las concesiones fueron importantes.

Cuadro 10

Perú: Correlación de las Inversiones Extranjeras Directa^{1/} por Sectores Económicos vs. PBI Peruano, 1980 - 2016

Sectores vs. Economía	Agropecuario	Trasportes y Comunicacio	Energía y Minas	Industria, Comercio y Turismo	Pesquería
PBI	0.870	0.800	0.981	0.904	0.918

1/ Fuente: Agencia de Promoción para la Inversión Privada

Ante dicha ambigüedad y con la finalidad de reafirmar la importancia relativa de los niveles de inversión dentro de cualquier economía, se realizó un modelo clásico de regresión múltiple a través de la metodología de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) donde se regresione el PBI peruano tanto con las inversiones nacionales (IN) así como con las inversiones extranjeras directas (IED) por sectores con (ver Cuadro 11), considerando solamente desde el año 2000

hacia adelante así como transformando las variables en logaritmos para ver la elasticidades. Como se ha analizado anteriormente, gran parte de las inversiones dirigidas al sector transporte provienen principalmente de inversiones extranjeras.

Cuadro 11

Importancia Relativa de las Inversiones por Sectores Económicos en la Economía Peruana, 2000 - 2016 ^{1/}

Sectores	IED		IN	
	1° Modelo	2° Modelo	1° Modelo	2° Modelo
Agricultura	0.16 (0.09)*	-	-0.58 (0.20)	-
Transportes y Comunicaciones	0.14 (0.20)*	0.43 (0.16)	-0.20 (0.33)*	0.77 (0.25)
Energía y Minas	0.41 (0.06)	0.43 (0.07)	-0.08 (0.12)*	-0.22 (0.08)
Industria, Comercio y Turismo	0.18 (0.13)*	-	0.04 (0.11)*	-
Pesquería	0.04 (0.02)*	0.06 (0.01)	-0.11 (0.07)*	-
Constante	5.65 (1.30)*	5.20 (1.02)	5.65 (1.30)	10.19 (0.92)
* P-Value > 5% / () Desv. Est.				
R ²	0.98	0.98	0.85	0.66
R ² Ajustado	0.98	0.98	0.79	0.61
D.S. Regresión	0.04	0.04	0.11	0.16
Autocorrelación (Breusch - Godfrey Test) ^{2/}	0.43	0.81	0.03	0.21
Heterocedasticidad (White) ^{2/}	0.12	0.08**	-	0.28
1/ Transformados a logaritmos				
2/ F - Estad. > 5% señala la ausencia de perturbaciones esféricas / ** Obs (X) R2				

Elaboración propia

Al realizar las estimaciones se puede inferir que por cada incremento del 1% de inversión extranjera directa que se destine al desarrollo de infraestructura de transporte y comunicaciones, la economía crecerá 0.43% anualmente. Mientras que en el caso de las inversiones nacionales, la economía crecerá 0.77%. Es por ello que el sector transporte y comunicaciones es uno de los sectores de mayor importancia debido a su efecto dinamizador y amplificador dentro de la economía peruana, viéndose la necesidad de seguir apostando por nuevas y mayores concesiones viales hacia adelante, siempre y cuando se tenga una normatividad apropiada y establecida; respetando la institucionalidad; y tarifas justas que favorezcan el acceso de toda la sociedad en su conjunto.

Si bien el ejercicio anterior sirvió para conocer la importancia de las inyecciones de capital tanto de agentes residentes como del exterior

en el Perú por sectores económicos, no se consideró tanto al subsector comunicaciones como al subsector transporte de manera individual en el análisis. Ante ello, se optó por tomar cifras estadísticas del Banco Mundial que proporciona cifras del subsector transporte y por tipo de concesión como son los puertos, aeropuertos, carreteras y vías férreas, los cuales capturan las inversiones realizadas por proyectos específicos²².

Así, el análisis estadístico conjunto entre el PBI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), el capital privado de carreteras nacionales (Banco Mundial) y el gasto público en carreteras departamentales (cifras del Ministerio de Economía y Finanzas), se presentan en el Cuadro 12. Como se puede observar la desviación estándar y el coeficiente de desviación, la primera de ellas mide la variabilidad de un conjunto de datos respecto a su valor central pero en unidades originales.

Mientras con el segundo se conoce las dispersiones de dos distribuciones que pueden ser distintas en sus variaciones. Se observa que la inversión privada en carreteras nacionales tiene una mayor dispersión respecto al gasto público en carreteras departamentales; mientras que el producto bruto interno tiene una menor dispersión.

²² En el caso de carreteras, entre los proyectos se encuentran la carretera de Arequipa – Matarani; vía expresa del Callao; Red Vial N°4, N°5 y N°6; el puerto de Yurimaguas (Hub) (IIRSA Norte), carretera interoceánica sección N°1, N°2, N°3, N°4 y N°5; carretera Costa – Sierra sección 1B; autopista de El Sol II; óvalo – Chancay – Huaral; carretera Mocupe – Cayaltí – Oyotun; IIRSA Centro 2° sección; peaje de vía Parque Rímac además de la carretera Arequipa – Tacna; vía expresa sur; peajes de concesión de Vías Nuevas de Lima; y la longitudinal de la Sierra tramo 2.

Cuadro 12

Medidas estadísticas de las Variables. Período 1998 - 2015

	Producto Bruto Interno	Inversión privada en carreteras nacionales	Gasto público en carreteras departamentales
N° Obs.	18	18	18
Medidas de tendencia central			
Media	323,967	302	687
Mediana	307,145	247	590
Medidas de dispersión			
Desv. Estand.	94,723	247	409
Coef. de Variación	0.29	0.82	0.60
Medidas de formación			
Asimetría	0.36	1.18	0.68
Kurtosis	1.68	4.22	2.32

Elaboración propia

La variabilidad de los estadísticos presentados presume que existe un componente irregular que afecta directamente a las variables en el tiempo. Por ello, la presencia de dicho componente hace suponer también que posiblemente sean series no estacionarias, es decir, ni la media ni la varianza de dichas variables son constantes en el tiempo.

Con la finalidad de presentar un modelo inicial que explique cómo las inversiones privadas como públicas afectan al crecimiento económico, se tomará en cuenta las inversiones extranjeras

4.4.3 Estimación del modelo econométrico

La medición temporal que debe alinearse en este tipo de investigaciones supone una relación en el tiempo de la inversión y la dinámica de la economía. Para hallar dicha conexión deberá haber un patrón a seguir o un "paseo aleatorio" que haga que las variables estén encaminadas en un mismo sentido. Para capturar dicho patrón, las variables deberán cointegrar, es decir que la ecuación que relaciona a las variables en el mismo período más sus rezagos tenga un vector de cointegración que muestre los desvíos de corto plazo, las cuales necesariamente deberán ser no estacionarias o de orden $I(1)$.

Primeramente uno de los principales modelos econométricos para hallar dicha relación es el Modelo de Corrección de Errores²³ el cual parte de que los datos a analizar sean integradas de orden $[I(1)]$. El reflejo de dicho modelo en la ecuación (8), se obtiene que:

$$Y = AK^\theta G^{1-\theta}$$

Aplicando logaritmos a fin de linealizarla:

$$\ln Y = \ln A + \theta \ln K + (1 - \theta) \ln G$$

Por lo tanto, el modelo econométrico que se plantea tiene la siguiente forma (ecuación 11):

$$(11) \quad \ln(PBI_t) = \alpha_t + \beta_{1,t} \ln K_t + (1 - \beta_{1,t}) \ln G_t + \gamma(\ln(PBI_{t-1}) - \vartheta \ln K_{t-1} - \sigma \ln G_{t-1})$$

Donde $[\gamma(\ln(PBI_{t-1}) - \vartheta \ln K_{t-1} - \sigma \ln G_{t-1})]$ es el vector de cointegración.

Para detectar si dicha ecuación cuenta con un vector de cointegración, se utilizan dos métodos conocidos en este campo: i) Engle y Granger (1987) y ii) Johansen (1988). El primero de ellos plantea, con un modelo lineal clásico de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), que los errores obtenidos en el modelo sean integradas de orden cero $[I(0)]$ o estacionarios, por lo que se evidencia que las variables del modelo presentan un patrón común en el largo plazo. La otra forma de detección se plantea a través del método de Johansen, el cual se construye de la estimación de máxima verosimilitud.

No obstante, con la finalidad de contrastar si las series presentan una raíz unitaria²⁴ (como hipótesis nula), se realizan distintas pruebas estadísticas (DFA, DF – GLS; PP; ERS optimal point; KPSS, entre los principales) que hallen dicho fenómeno. Cabe mencionar que de

²³ Según Winkelried (2016), uno de los modelos para hallar la relación entre las variables dependiente e independientes es el Modelo de Corrección de Errores, expresada con Δy_t (y sus rezagos) en función a Δx_t (y sus rezagos también) y de $e_{t-1} = y_{t-1} - \mu - \gamma x_{t-1}$.

²⁴ Si en la ecuación: $Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$; se presenta que $\rho = 1$, entonces la raíz de Y_t es unitaria, por lo tanto es una serie no estacionaria.

encontrar raíces unitarias en los datos respecto al tiempo significará que dicha variable ha sido perturbada por choques exógenos (ej. Fenómeno de El Niño) que generan cambios respecto a la tendencia determinística (ver Cuadro 13 siendo elaboración propia).

Cuadro 13

Test de raíz unitaria, 1998 - 2015			
Tipo de test	Producto Bruto Interno*	Inversión privada*	Gasto público *
Valor crítico (estadístico t)			
Variables en Niveles: I(0)			
Hipótesis nula: Existe raíz unitaria (No estacionariedad)			
Dickey - Fuller Aumentado (ADF)1/	0.72 (0.99)	-3.09** (0.05)	-0.25 (0.91)
Elliot - Rothernberg - Stock (DF - GLS) 2/	-2.21 0.58	-3.19** -3.10**	-0.42 -0.42
Phillips - Perron (PP) 3/	(0.98)	(0.05)	(0.88)
Elliot - Rothernberg - Stock punto óptimo 4/	576.84	2.86**	12.58
Hipótesis nula: No existe de raíz unitaria (Estacionariedad)			
Kwiatkowski - Phillips - Schmidt - Shin 5/	0.55	0.23**	0.44
Variables Diferenciadas: I(1)			
Hipótesis nula: Existe raíz unitaria (No estacionariedad)			
Dickey - Fuller Aumentado (ADF)1/	-3.24** (0.04)	-4.85** (0.00)	-3.61** (0.02)
Elliot - Rothernberg - Stock (DF - GLS) 2/	-3.06** -3.24**	-5.05** -7.82**	-3.84** -3.60**
Phillips - Perron (PP) 3/	(0.04)	(0.00)	(0.02)
Elliot - Rothernberg - Stock punto óptimo 4/	4.17**	43.64**	3.33**
Hipótesis nula: No existe de raíz unitaria (Estacionariedad)			
Kwiatkowski - Phillips - Schmidt - Shin 5/	0.22**	0.5**	0.36**

*Logaritmos / ** Series estacionarias
1/ Mac Kinnon (1996) one - sided p - values
2/ Valores críticos de Mac Kinnon (1996)
3/ Valores críticos de Elliot - Rothernberg - Stock (1996)
4/ Valores críticos asintóticos. Ng - Perron (2001). El nivel de significancia es del 1%

De acuerdo al Cuadro 13, se realizaron las pruebas estadísticas para encontrar raíz unitaria en las series, tanto variables en niveles $I(0)$ como variables diferenciadas $I(1)$. Se encontró que cuando las series se encuentran en niveles, solamente la inversión privada muestra una serie estacionaria, mientras que en las series diferenciadas, dicho fenómeno desaparece por lo que se convirtieron en series estacionarias.

Ante dicha situación, no hay un vector de cointegración entre las variables analizadas, es decir que exista la posibilidad de un patrón común de largo plazo.

No obstante, una forma adicional de medir el impacto que tienen las inversiones sobre cualquier economía es la utilización de un Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR). Este modelo mide la simultaneidad de varias variables cuyas relaciones se miden en el tiempo. Asimismo, es útil para el análisis del efecto a lo largo del tiempo sobre cada una de las variables del sistema ante perturbaciones o shocks en un período de tiempo.

Dado que se analizó que las series eran no estacionarias en niveles (ver Cuadro 13), se procedió a diferenciarlas para que se obtengan series estacionarias. Para realizar el modelo VAR, se debe conocer cuántos rezagos tienen las variables a estimar, a fin de colocarlas dentro del modelo.

Como se puede observar en el Cuadro 14, se observa el Cociente de Verosimilitud (Kullback y Leibler, 1951); Akaike (1973); Schwarz (1978); y Hannan - Quinn (1979). Así, el criterio que más prevalece dentro de muestras pequeñas es el Cociente de Verosimilitud donde el orden elegido es el 1.

Cuadro 14

Criterio de Selección del Orden de Retardos para el Modelo VAR

Retardos	Cociente de Verosim. (LR)	Criterio de Akaike	Criterio de Schwarz	Criterio de Hannan - Quinn
0	-	-1.981	-1.844	-1.994
1	21.935*	-2.889	-2.341*	-2.940
2	9.254	-2.925	-1.967	-3.014
3	8.139	-3.674*	-2.305	-3.801*

*Indica el orden del retardo

Elaboración propia

4.4.4 Análisis de resultados

Al realizar las estimaciones a partir del Modelo de Vectores Autoregresivos (VAR), considerando los rezagos establecidos en el Cuadro 11, se obtiene la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \ln PBI_t = & \alpha_t + \beta_{1,t} \ln PBI_{t-1} + \dots + \beta_{3,t} \ln PBI_{t-3} + \beta_{4,t} \ln K_{t-1} \\ & + \dots + \beta_{6,t} \ln K_{t-3} + \beta_{7,t} \ln G_{t-1} + \dots + \beta_{7,t} \ln G_{t-3} \\ & + \varepsilon_t \end{aligned}$$

Cuadro 15

Vectores Autorregresivos del Crecimiento Económico vs. La Inversión Privada y Pública en Carreteras

Sectores	3 rezagos	2 rezagos	1 rezago
R ²	0.54	0.53	0.42
R ² Ajustado	-0.49	0.17	0.28
D.S. Regresión	0.03	0.02	0.02
Max. Verosimilitud	39.21	40.13	41.23
Criterio de Inform. Akaike	-4.17	-4.42	-4.65
Criterio de Inform. Schwarz	-3.72	-4.09	-4.46

Elaboración propia

Como se puede observar en el Cuadro 15, los estadísticos Akaike y Schwarz, el mejor modelo es el que considera un solo rezago, por lo que la ecuación más eficiente es:

$$\ln PBI_t = \alpha_t + \beta_{1,t} \ln PBI_{t-1} + \beta_{2,t} \ln K_{t-1} + \beta_{3,t} \ln G_{t-1} + \varepsilon_t$$

Diagnosticado el número de rezagos más eficiente, se realizaron también las causalidades a través de la prueba de Granger (2003) que permiten obtener el posicionamiento de éstas; mejorar la predicción; así como el carácter unidireccional o bidireccional (ver Cuadro 16).

Cuadro 16

Prueba de causalidad a los Granger entre las variables para el Modelo VAR

	Prob.
Inversión Privada Causa al PBI	0.134
PBI causa a la Inversión Privada	0.487
Inversión Pública Causa al PBI	0.090
PBI causa a la Inversión Pública	0.001
Inversión Pública Causa a la Inversión Privada	0.719
Inversión Privada causa a la Inversión Pública	0.045

Elaboración propia

Entonces, los resultados se pueden observar tanto en la Figura 17 como en la Figura 18 con los gráficos de impulso – respuesta, los cuales sirven para observar cuánto una variable responde ante un cambio que se realiza en una variable que depende de éste. La interpretación principal es que existe un efecto positivo del crecimiento de las inversiones, tanto privadas como públicas, en el ciclo expansivo de la economía.

Específicamente, el capital privado tiene un efecto más de largo plazo que las inversiones del sector público, pero que éstas últimas al parecer tienen un mayor impacto que las primeras. Esto puede ser explicado por las constantes inversiones que realiza el Estado no solamente en grandes megaproyectos, sino también atendiendo a medianos y pequeños proyectos viales que si bien no tiene una gran cobertura, si tienen un gran alcance a nivel de la sociedad misma.

Figura 17

Response to Cholesky One S.D. Innovations \pm 2 S.E.

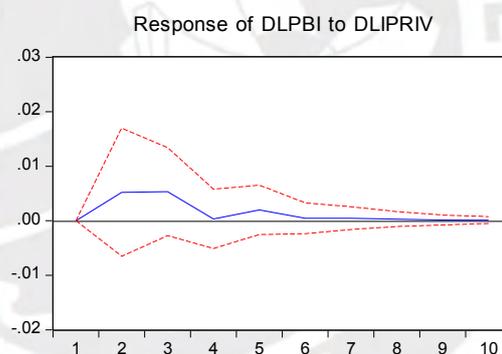
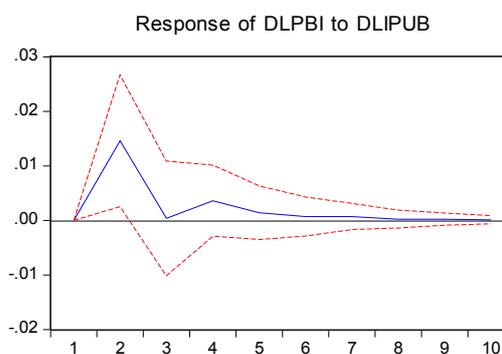


Figura 18

Response to Cholesky One S.D. Innovations \pm 2 S.E.



Como conclusión preliminar dentro de este apartado, se observa primeramente un bajo rango de datos recogidos, no pudiendo inferirse la relación directa entre ambas variables en el tiempo. Aunado a ello, los datos del Producto Bruto Interno tienen períodos de alta volatilidad lo que afecta directamente al grado de confiabilidad.

Otra de las conclusiones preliminares que se puede observar es que puede haber otros tipos de variables que no han sido recogidos en estos modelos. Sin embargo, dicho modelo muestra los signos correctos de las variables, principalmente en las velocidades de ajuste, así como una buena interpretación del modelo general que se presentó para inferir las relaciones entre la intervención del sector privado dentro del auge en el ciclo económico.



CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras el análisis realizado en los capítulos anteriores, se observa que el modelo económico demuestra cómo la actividad económica es afectada de manera positiva no solamente por el gasto público sino también por el efecto multiplicador que genera el grado de aporte de esta variable dentro de las inversiones en infraestructura vial. Asimismo, se observa que el consumo así como el stock de capital muestran una relación positiva con respecto al nivel de gasto del Estado. En tanto, la relación público – privada en la infraestructura se encuentra afectada por el ingreso del gobierno a través de impuestos y por el grado tecnológico que aporta la economía.

Asimismo, se puede inferir que en este tipo de inversiones de gran escala tienen costos hundidos, infiriéndose que no solamente el capital privado deberá ser el principal inversionista dentro de este sector sino que el Estado mismo tendrá un enorme aporte, sobre todo en aquellas vías de bajo acceso.

Sin embargo, este tipo de inversiones podría tener un efecto negativo para la economía, siempre y cuando las entidades privadas no ofrezcan su mejor esfuerzo. Ante ello, urge un grado de fiscalización fuerte de parte del gobierno hacia las inversoras. De no considerarse, el grado de aporte del sector público tal vez puedan crearse incentivos perversos en los agentes privados, debido a

una falta de negociación fuerte de parte del Estado, tras un grado de institucionalidad bajo y por consiguiente una tarifa injusta para la sociedad. De no considerarlo, podría impactar negativamente al crecimiento económico en el tiempo.

Por otro lado, desde una evidencia empírica, se puede observar que hay una conexión entre redes viales; gasto del gobierno; y la actividad económica. Sin embargo, no hay evidencia de esta relación en el corto plazo, demostrando el efecto retardado en el tiempo que tiene la inyección de recursos públicos dentro de la economía.

Así, se esgrime como principales temas de agenda, observar detenidamente los incentivos de las empresas las cuales deberán ser fiscalizadas por el gobierno en este tipo de inversiones. La complementación entre ambas inversiones es necesaria según la evidencia mostrada, logrando un impacto positivo dentro de la economía vía estas inversiones de mayor escala. No obstante si el sector público participa más en éstas, podría no tener el impacto requerido y verse perjudicadas las inversiones de presentar bajas marginalidades del capital, llegando a la ineficiencia.

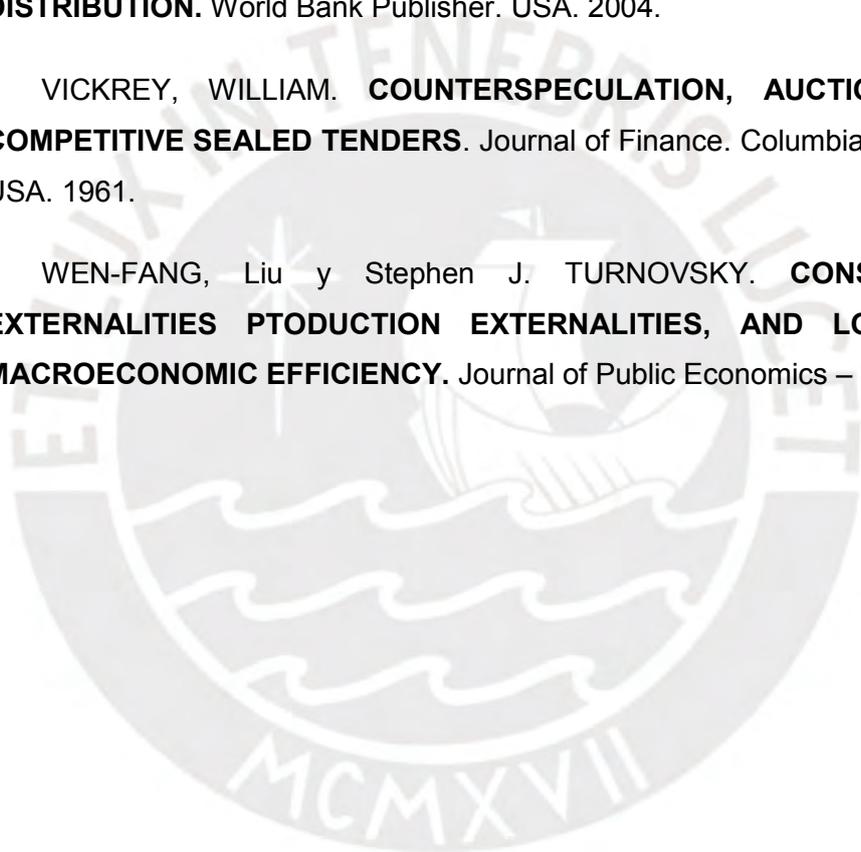
Como reflexión, el Estado debe enfocar sus acciones en transparentar las inyecciones de capital y que éstas tengan como objetivo mejorar el nivel de calidad de las redes viales; ampliar el número de concesiones a nivel nacional, principalmente en zonas con poco acceso de vías; asegurar el financiamiento necesario del Estado siempre acompañado de una fiscalización eficiente de parte de las entidades responsables de vigilar las inversiones; y por último hallar el porcentaje óptimo de participación del gobierno en este tipo de infraestructuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFIN. **PLAN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA 2016 – 2025**. Universidad del Pacífico – Perú 2015.
2. ASCHAUER, David. **IS PUBLIC EXPENDITURE PRODUCTIVE?**. Federal Reserve Bank of Chicago, Chicago – USA. 1988
3. BANCO DE DESARROLLO DE AMÉRICA LATINA - CAF. **FINANCIAMIENTO PRIVADO DE INFRAESTRUCTURAS**. Estudio de Alternativas y Experiencias en Materia de Proyectos de Participación Público – Privada para América del Sur. Sector Transporte. CAF – Venezuela. 2002.
4. BANCO MUNDIAL. **INFORME SOBRE EL DESARROLLO MUNDIAL. INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO**. Washington, D.C. – USA. 1994.
5. BARRO, Robert. **GOVERNMENT SPENDING IN A SIMPLE MODEL OF ENDOGENOUS GROWTH**. Journal of Political Economy – USA. 1991.
6. BULL, Alberto. **CONCESIONES VIALES EN AMÉRICA LATINA: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS**. División de RRNN e Infraestructura. CEPAL – Chile. 2004.
7. CALDERÓN, César y Luis SERVÉN. **THE EFFECTS OF INFRAESTRUCTURE DEVELOPMENT ON GROWTH AND INCOME DISTRIBUTION**. Journal of Economic Literature – USA. 2004.
8. CANNING, David. **A DATABASE OF WORLD INFRASTRUCTURE STOCKS 1950 – 1995**. Harvard Institute for International Development. Cambridge – USA. 1998.
9. CÁRCAMO-DÍAZ, Rodrigo y John G. GODDARD. **COORDINATION OF PUBLIC EXPENDITURE IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE. ANALYSIS AND POLICY PERSPECTIVES FOR LATIN AMERICA**. División de Desarrollo Económico. CEPAL - Chile. 2007.
10. CARRERA, Jaime A., Jordi CABALLE y Xavier RAURICH. **CONSUMPTION EXTERNALITIES, HABIT FORMATION, AND EQUILIBRIUM EFFICIENCY**. Journal of Economic Literature – USA. 2001

11. CHONG, Alberto y César CALDERÓN. **VOLUME AND QUALITY OF INFRASTRUCTURE AND THE DISTRIBUTION OF INCOME: AN EMPIRICAL INVESTIGATION.** Review of Income and Wealth. Usa. 2004.
12. DISSOU, Yazid y Selma DIDIC. **INFRASTRUCTURE AND GROWTH.** Infrastructure and economic growth in Asia. Cockburn, J.; Dissou, Y.; Duclos, J. & Tiberty, L. (Editors). USA. 2013
13. EASTRLY, William y Sergio RABBELO. **FISCAL POLICY & ECONOMIC GROWTH. AN EMPIRICAL INVESTIGATION.** NBER Working Paper Series – USA. 1993.
14. ESTACHE, Antonio y Marianne FAY. **CURRENT DEBATES ON INFRASTRUCTURE POLICY.** Poverty Reduction and Economic Management Vice – Presidency. World Bank – USA. 2007
15. FAY, Marianne y Mary MORRISON. **INFRASTRUCTURE IN LATIN AMERICAN & THE CARIBBEAN. RECENT DEVELOPMENTS AND KEYS CHALLENGES.** Finance, Private Sector and Infrastructure Unit. World Bank – USA. 2005.
16. FISHER, Walter H. y Franz X. HOF. **CONSPICUOUS CONSUMPTION, ECONOMIC GROWTH AND TAXATION: A GENERALIZATION.** Journal of Economic Literature – USA. 1999.
17. GALÍ, Jordi. **KEEPING UP WITH THE JONESES: CONSUMPTION EXTERNALITIES, PORTAFOLIO CHOICE, AND ASSET PRICES.** Journal of Money, Credit and Banking – USA. 1994.
18. GRISHCHENKO, Olesya V. **INTERNAL VS. EXTERNAL HABIT FORMATION: THE RELATIVE IMPORTANCE FOR ASSET PRICING JOB MARKET PAPER.** Journal of Economic Literature – USA. 2005.
19. GUASCH, José, Jean – Jacques LAFFONT y Stéphane STRAUB. **CONCESSIONS OF INFRASTRUCTURE IN LATIN AMERICA: GOVERNMENT-LED RENEGOTIATION.** World Bank and University of California, San Diego – USA. 2005

20. LJUNGQVIST, Lars y Harald UHLIG. **TAX POLICY AND AGGREGATE DEMAND MANAGEMENT UNDER CATCHING UP WITH THE JONESES.** American Economic Review – USA. 2000.
21. MAEBAYASHI, Noritaka, Takeo HORI y Koichi FUTAGAMI. **DYNAMIC ANALYSIS OF REDUCTIONS IN PUBLIC DEBT IN AN ENDOGENOUS GROWTH MODEL WITH PUBLIC CAPITAL.** Osaka School of International Public Policy – Japón. 2015.
22. SERVEN, Luis y César CALDERÓN. **THE EFFECTS OF INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT ON GROWTH AND INCOME DISTRIBUTION.** World Bank Publisher. USA. 2004.
23. VICKREY, WILLIAM. **COUNTERSPECULATION, AUCTIONS AND COMPETITIVE SEALED TENDERS.** Journal of Finance. Columbia University. USA. 1961.
24. WEN-FANG, Liu y Stephen J. TURNOVSKY. **CONSUMPTION EXTERNALITIES PRODUCTION EXTERNALITIES, AND LONG RUN MACROECONOMIC EFFICIENCY.** Journal of Public Economics – USA. 2005.



ANEXOS

Anexo N°1A:

Problema de los individuos

Dentro de la función de bienestar del consumidor, el cual se debe maximizar, se impone que en el largo plazo la utilidad requiere la siguiente condición:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-(\rho-\eta)t} \left(c_{i,t}^\alpha \left[\frac{c_{i,t}}{\bar{c}_t} \right]^{1-\alpha} \right) = 0 \text{ donde: } p > n.$$

Donde debe tenerse en cuenta el término ($e^{nt} = L_t$) el cual representa al trabajo ya que ($L_t = L_0 e^{nt}$ si $L_0 = 1$).

Para resolver el problema de los individuos se utilizará la metodología de optimización Hamiltoniano (en valores corrientes), el cual es la suma del objetivo más un precio implícito o multiplicador de Lagrange v_t , multiplicado por la parte derecha de la ecuación de restricción:

$$H(k_t, c_t, t, v_t) = U(c_t, \bar{c}_t) + v_t \varphi(b_t, c_t, t)$$

Donde $U(\cdot)$ representa la función de utilidad:

$$e^{-(\rho-\eta)t} (\alpha \ln c_t + (1-\alpha) [\ln c_t - \ln \bar{c}_t])$$

Y $\varphi(\cdot)$ representa la función de restricción:

$$\dot{b} = w + rb - c - nb$$

Añadiendo las ecuaciones pertinentes, es decir tanto la función de utilidad como la restricción presupuestaria del individuo, se obtiene lo siguiente:

$$H = e^{-(\rho-\eta)t} [\alpha \ln c_t + (1-\alpha) \{\ln c_t - \ln \bar{c}_t\}] + v_t (w + rb - c - nb)$$

La resolución del problema de optimización está caracterizada por la condición inicial:

- $b_0 > 0$

Para las condiciones de primer orden del Hamiltoniano, se necesita cumplir:

- ✓ $\left(\frac{\partial H}{\partial c}\right) = 0$
- ✓ $\left(\frac{\partial H}{\partial b}\right) = -\dot{v}$
- ✓ $\lim_{t \rightarrow \infty} b_t v_t = 0$

Operando, se obtiene:

- ✓ $\left(\frac{\partial H}{\partial c}\right) = e^{-(\rho-\eta)t} \frac{\alpha}{\sigma c_t} + e^{-(\rho-\eta)t} \frac{(1-\alpha)}{\sigma c_t} - v_t = 0$

$$e^{-(\rho-\eta)t} \frac{1}{c_t} = v_t \quad (1)$$

- ✓ $\left(\frac{\partial H}{\partial b}\right) = -\dot{v}_t$

$$\frac{\dot{v}_t}{v_t} = -(r - n) \quad (2)$$

De la ecuación (1), se debe aplicar logaritmos neperianos $\ln(\cdot)$ a ambos lados de la ecuación, y derivar con respecto al tiempo (t). Cabe señalar que la tarifa por consumir la infraestructura es constante, lo que replica que varios peajes que se generan en realidad cambian por un mayor costo de vida más que estén reflejados directamente por el costo marginal.

- ✓ $L: -(\rho - \eta)t - \ln(\sigma) - \ln(c_t) = \ln v_t$
- ✓ $\left(\frac{\partial L}{\partial t}\right): -\frac{\dot{c}_t}{c_t} = \frac{\dot{v}_t}{v_t} + (\rho - \eta)$

Para luego igualarlo con la restricción (2):

- ✓ $-\frac{\dot{c}_t}{c_t} = -(r - n) + (\rho - \eta)$

Resultando la siguiente "Ecuación de Euler":

$$\frac{\dot{c}_t}{c_t} = (r - \rho)$$

Anexo N°1B:

Problema de la firma

Ahora, desde el lado de la firma y en el largo plazo, la maximización de los beneficios son cercanos a cero. Se supone que los precios de bienes y servicios se acercan a un mercado en competencia perfecta, por lo que son iguales a 1. Además, las empresas son tomadoras de precios (de capital (K) y trabajo (L)); así como que la productividad es indexada ($A = 1$); entonces maximizan los beneficios período a período de la siguiente manera²⁵:

$$\pi = j(k^\theta g^{1-\theta}) - (r + \delta)k - w$$

Si en competencia perfecta los beneficios son cercanos a cero ($\pi = 0$), entonces los salarios son:

$$w = jk^\theta g^{1-\theta} - (r + \delta)k$$

Derivando los beneficios respecto al capital:

$$\checkmark \left(\frac{\partial \pi}{\partial k} \right) = j\theta k^{\theta-1} (g)^{1-\theta} - (r + \delta) = 0$$

Se obtiene el precio del capital:

$$r = j\theta k^{\theta-1} (g)^{1-\theta} - \delta$$

Así como el precio del trabajo:

$$w = jk^\theta g^{1-\theta} - (\theta jk^{\theta-1} g^{1-\theta} - \delta + \delta)k$$

$$w = (1 - \theta)jk^\theta g^{1-\theta}$$

²⁵ Se puede demostrar que $F(K, L) = Lf(k)$

Anexo N°1C:

Trayectoria dinámica del consumo vs. el capital

Para observar las trayectorias dinámicas del consumo con el capital, se construirán diagramas de fase. El primero de ellos deberá considerar en el eje de las ordenadas al consumo, mientras que en el eje de las abscisas el capital. Para construirlos, se tomarán las ecuaciones tanto del Euler como del capital en el tiempo:

$$\checkmark \frac{\dot{c}}{c} = j\theta \left(\frac{g}{k}\right)^{1-\theta} - (\delta + \rho)$$

$$\checkmark \dot{k} = jk^\theta g^{1-\theta} - c_t - (\delta + n_t)k_t$$

Como primer paso para su construcción, se debe considerar que el capital en el tiempo es igual a cero: $\dot{k} = 0$. De ser así, entonces se puede observar que la función consumo es:

$$\checkmark c_t = jk^\theta g^{1-\theta} - (\delta + n_t)k_t$$

Cabe señalar que dicha función consumo es considerada como una función Cobb – Douglas, la cual es una función decreciente respecto al capital, entonces debe cumplirse que la pendiente de la curva sea mayor a cero y que su trayectoria sea cada vez decreciente (menor a cero). Por lo tanto, para que cumpla dicha condición se debe tener en cuenta que $(0 < \theta < 1)$.

Cobb – Douglas: $f(k) = jk^\theta g^{1-\theta}$

$$\text{Primera condición: } f'(k) = \theta jk^{\theta-1} g^{1-\theta} > 0$$

$$\text{Segunda condición: } f''(k) = (\theta - 1)\theta jk^{\theta-2} g^{1-\theta} < 0$$

Asimismo, dentro de dicho gráfico bidimensional se puede observar la “Regla de Oro” del capital, cuyo nivel de capital genera el estado estacionario con mayor nivel de consumo per cápita. Para cumplirla, se tiene que $(f'(k) = 0)$. Si fuese así, entonces tomando la ecuación del consumo y diferenciándolo respecto al capital, la ecuación resultante operada deberá ser:

$$\checkmark j\theta k^{\theta-1} g^{1-\theta} = (\delta + n_t)$$

$$\checkmark k_{oro} = \left[\frac{(\delta+n_t)}{j\theta} \right]^{\frac{1}{\theta-1}} g$$

Como segundo paso, se debe considerar cómo afectan los movimientos del consumo sobre el capital. Según las ecuaciones establecidas líneas arriba, se observa que el consumo es negativo respecto al capital. Entonces, por encima de la curva $\dot{k} = 0$, si aumenta el consumo se debería esperar que el capital en el tiempo decrezca; y viceversa.

$$c_t \uparrow \rightarrow \dot{k} < 0 ; \quad c_t \downarrow \rightarrow \dot{k} > 0$$

Ahora, se debe considerar que la trayectoria del consumo sea igual a cero ($\dot{c} = 0$). Si fuese así, dentro de la ecuación de Euler²⁶ se espera o que $c = 0$; o que $[j\theta A k^{\theta-1} g^{1-\theta} - (\delta + n_t)] = 0$. Obviamente, el consumo no puede ser igual a cero, por lo que en el segundo miembro de la ecuación se despejaría al capital óptimo:

$$\checkmark k^* = \left[\frac{(\delta+\rho)}{j\theta} \right]^{\frac{1}{\theta-1}} g$$

Claramente se puede observar que el capital óptimo es menor al capital en estado estacionario, debido a que solamente se diferencian en que el capital óptimo considera al factor de descuento o nivel de paciencia al consumir de los agentes, mientras que el capital en estado considera la población, entonces se sabe que si $(\rho < n_t)$ entonces $(k^* < k_{oro})$.

Por último, se debe considerar cómo afectan los movimientos del capital sobre el consumo. Si se sabe que el capital óptimo no está relacionado al consumo, entonces es una constante. Por lo tanto, a la derecha de la recta $\dot{c} = 0$, si el capital aumenta, el consumo en el tiempo sería negativo; mientras que a la izquierda de la recta $\dot{c} = 0$, si el capital disminuye, el consumo en el tiempo sería positivo.

²⁶ La cual puede transformarse de la siguiente manera: $\dot{c} = c[j\theta A k^{\theta-1} g^{1-\theta} - (\delta + n_t)]$

Anexo N°1D:

Trayectoria dinámica del gasto vs. el capital

De otro lado, las trayectorias dinámicas del gasto versus el capital considerará en el diagrama de fases en el eje de las ordenadas al gasto, mientras que en el eje de las abscisas el capital. Para ello, se tomarán las ecuaciones tanto del gasto como del capital en el tiempo:

$$\checkmark \dot{g} = (1 - j)k^\theta g^{1-\theta} - (\delta + n)g$$

$$\checkmark \dot{k} = jk^\theta g^{1-\theta} - c - (\delta + n)k$$

Primeramente se considera que el capital en el tiempo es igual a cero: $\dot{k} = 0$. A diferencia de las trayectorias del consumo versus el capital, en este caso se tomará al gasto con respecto al capital:

$$\checkmark g_t = \left[\frac{c}{j} \right]^{\frac{1}{1-\theta}} k^{-\frac{\theta}{1-\theta}} + \left[\frac{\delta+n}{j} \right]^{\frac{1}{1-\theta}} k$$

Si se observa la marginalidad de la función de gasto respecto al capital, la cual se supone que es una función decreciente, debe cumplirse entonces que ($0 < \theta < 1$).

$$\checkmark \text{Primera condición: } f'(k) = -\frac{\theta}{1-\theta} \left[\frac{c}{j} \right]^{\frac{1}{1-\theta}} k^{-\frac{1}{1-\theta}} < 0$$

$$\checkmark \text{Segunda condición: } f''(k) = \frac{\theta}{(1-\theta)^2} \left[\frac{c}{j} \right]^{\frac{1}{1-\theta}} k^{-\frac{\theta-2}{1-\theta}} > 0$$

Tal y como se hizo en el anterior ejercicio, la “Regla de Oro” del capital se obtiene a partir de ($f'(k) = 0$). Si fuese así, entonces tomando la ecuación del movimiento del capital:

$$\checkmark \frac{\theta}{1-\theta} \left[\frac{c}{j} \right]^{\frac{1}{1-\theta}} k^{-\frac{1}{1-\theta}} = \left[\frac{n+\delta}{j} \right]^{\frac{1}{1-\theta}}$$

$$\checkmark k_{oro} = \left[\frac{\theta}{1-\theta} \right]^{1-\theta} \left[\frac{c}{(\delta+n)} \right]^{\frac{1}{(1-\theta)^2}}$$

Si se considera los efectos de los movimientos del gasto sobre el capital, se observa dentro de la ecuación de movimiento del capital (\dot{k}), que a medida de que

el gasto disminuye, el capital aumenta. Entonces, por debajo de la curva $\dot{g} = 0$, si disminuye el gasto se debería esperar que el capital en el tiempo crezca.

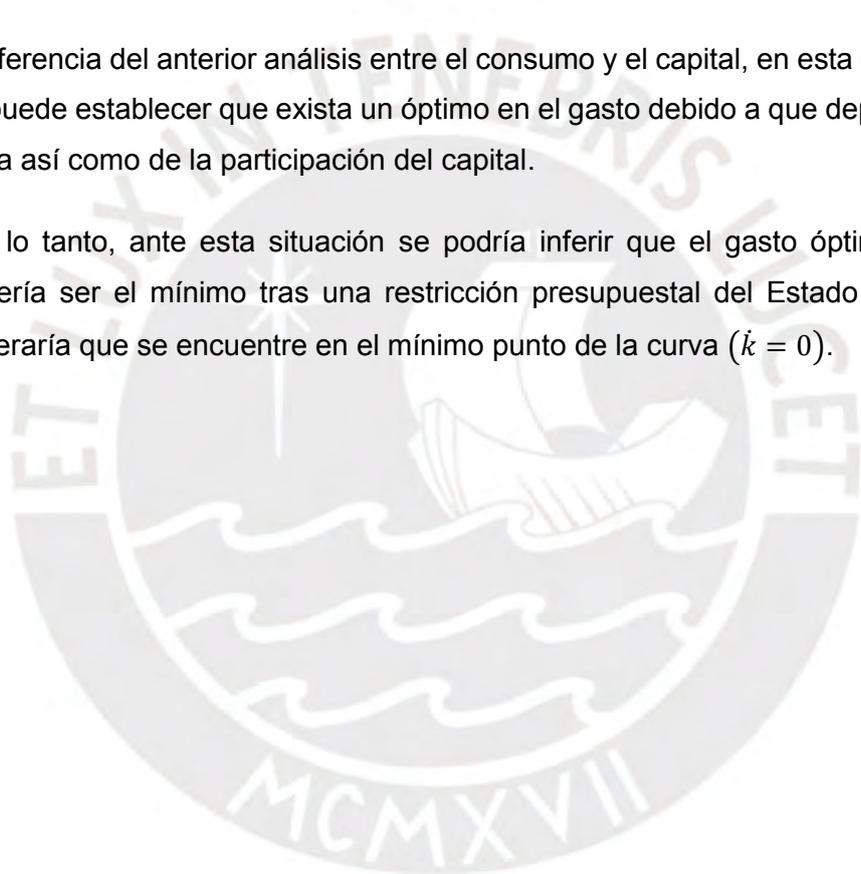
$$\checkmark \quad g_t \uparrow \rightarrow \dot{k} < 0 \quad ; \quad g_t \downarrow \rightarrow \dot{k} > 0$$

Se considerará ahora que la trayectoria del gasto sea igual a cero ($\dot{g} = 0$). Entonces, se espera que $[(1-j)k^\theta g^{1-\theta} - (\delta+n)g] = 0$, por lo que operando, se tendría:

$$\checkmark \quad g = \left[\frac{1-j}{\delta+n} \right]^{\frac{1}{\theta}} k$$

A diferencia del anterior análisis entre el consumo y el capital, en esta ocasión, no se puede establecer que exista un óptimo en el gasto debido a que depende de la tarifa así como de la participación del capital.

Por lo tanto, ante esta situación se podría inferir que el gasto óptimo, el cual debería ser el mínimo tras una restricción presupuestal del Estado mismo, se esperaría que se encuentre en el mínimo punto de la curva ($\dot{k} = 0$).



Anexo N°1E:

Tarifa óptima

Se considera a las familias como dueñas de las firmas, por lo que se tiene:

$$Y = AK^\theta G^{1-\theta}$$

$$G = (1 - j)Y$$

En economía cerrada, donde el ahorro es igual a la inversión; el ahorro está en función a una tasa de ahorro y de la tarifa de la concesión; y que además la inversión está en función a la reposición de inventarios, se tiene:

$$Y = C + S$$

$$I = \dot{K} + \delta K$$

$$S = sjY$$

$$\dot{K} = sjAK^\theta G^{1-\theta} - \delta K$$

Por lo que en términos per cápita:

$$\dot{k} = sjk^\theta g^{1-\theta} - (\delta + n)k$$

Calculando la tasa de crecimiento del capital per cápita:

$$\frac{\dot{k}}{k} = sj \left(\frac{g}{k}\right)^{1-\theta} - (\delta + n)$$

Si además se conoce que en términos per cápita el gasto es:

$$g = (1 - j)k^\theta g^{1-\theta}$$

$$\frac{g}{k} = (1 - j)^{1/\theta}$$

Por consiguiente, la trayectoria del capital está función a la tarifa, como se observa en las siguientes ecuaciones de movimiento:

$$\frac{\dot{k}}{k} = sj \left(\frac{g}{k}\right)^{1-\theta} - (\delta + n)$$

$$\frac{\dot{k}}{k} = sj(1-j)^{\frac{1}{\theta}-\theta} - (\delta + n)$$

Asimismo, según los estudios realizados por Posada y Gomez (2002); y uno más reciente de Maebayashi et al. (2015), realizaron algunos trabajos econométricos tanto para el caso de Colombia como para el de Japón, encontrando los parámetros que se establecieron en el modelo económico presentado. Así, se tiene en el siguiente cuadro:

Cuadro 1: Parámetros calibrados por autor			
	Maebayashi (2015): Japón	Posada y Gomez (2002): Colombia	Parámetros para ajustar
θ	0.436	0.200	0.31785
j	0.282	0.340	0.3109
n	-0.001	0.022	0.0105
δ	0.031	0.030	0.0305
ρ	0.041	0.020	0.0306
$1 - j$	0.718	0.660	0.6891
t	25	25	25