

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN



**“LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA PÚBLICA Y EL
CRECIMIENTO ECONÓMICO EN EL PERÚ, PERIODO 1950-2013”**

Presentado por:

JOSÉ LUIS ANDRÉS MAYURÍ SÁNCHEZ.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE ECONOMISTA

Lima – Perú

2015

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi madre, a mi novia y a mis hermanas por todo el apoyo que siempre me dan, ellas representan el motor de mi vida. De manera muy especial, también dedico esta tesis a mi padre que desde el cielo me protege y guía mis pasos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar un especial agradecimiento a mi patrocinador Mg.Sc. Ramón Alberto Diez Matallana, el apoyo incondicional y los consejos ofrecidos durante todo el proceso de elaboración del presente trabajo de investigación. Asimismo, también quiero agradecer la colaboración de los miembros del jurado, Mg.Sc. Agapito Juan Linares Salas, Econ. Juan Carlos Rojas Cubas y Econ. Luís Alberto Chaparro Guerra, por sus comentarios y pertinentes correcciones.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Formulación del problema	3
1.2.	Justificación de la investigación	4
1.3.	Objetivo de la investigación	5
II.	REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.	Definición de infraestructura	6
2.2.	Canales de transmisión entre la infraestructura y el crecimiento económico	8
2.3.	Modelos de crecimiento económico, acumulación de capital e infraestructura. ...	11
2.4.	Evidencia empírica relevante internacional	15
2.5.	Evidencia empírica relevante en el Perú	16
2.6.	Evidencia empírica con la metodología VAR	18
2.7.	Situación de la inversión en infraestructura y del PBI en el Perú.....	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1.	Formulación de la hipótesis	28

3.2.	Descripción general del Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)	28
3.3.	Descripción de las variables.....	31
3.4.	Datos y fuentes de información	31
3.5.	Diseño metodológico tipo y nivel de la investigación.....	32
3.6.	Descripción de los pasos a seguir para la estimación del Modelo VAR	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1.	Resultados de la Prueba de Raíz Unitaria.....	39
4.2.	Resultados de la estimación del número de rezagos del modelo	40
4.3.	Estimación del Modelo VAR con rezagos óptimos.....	41
4.4.	Resultados de la Prueba de Estabilidad	42
4.5.	Resultados de las Pruebas a los Residuos del Modelo VAR	43
4.6.	Resultados del Análisis de Cointegración	43
4.7.	Resultado del Análisis de la Función de Impulso – Respuesta.....	44
4.8.	Resultado del Análisis de la Descomposición de la Varianza	47
V.	CONCLUSIONES.....	48
VI.	RECOMENDACIONES	49
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
VIII.	ANEXOS	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Ejecución del Gasto en proyectos de inversión pública en Nuevos Soles.....	2
Cuadro 2: Tipos de infraestructura según función y cobertura geográfica.....	7
Cuadro 3: <i>Ranking</i> de competitividad Perú 2014-2015.....	21
Cuadro 4: Ranking de competitividad Perú 2014-2015	22
Cuadro 5: Brecha de inversión en infraestructura 2012 -2021	27
Cuadro 6: Conclusiones del Test ADF realizada a las variables	40
Cuadro 7: Resultados de la prueba de longitud de rezagos	41
Cuadro 8: Resultado del análisis de los residuos.....	43
Cuadro 9: Resumen del test de cointegración de Johansen (sistema LIBFP – LPBI).....	44
Cuadro 10: Respuesta de la DLPBI ante el DLPBI.....	45
Cuadro 11: Descomposición de la varianza para el DLPBI	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Canales de transmisión de la inversión en infraestructuras hacia el crecimiento .	10
Figura 2: Representación del modelo de Solow	13
Figura 3: Evolución de la ejecución del gasto proyectos de inversión pública.....	23
Figura 4: Evolución del PBI (Periodo 1999-2003).....	23
Figura 5: PBI por departamentos 2012 y el gasto en proyectos de la inversión pública desde en 2001-2012	24
Figura 6: Relación PBI per cápita 2013 y la calidad de la infraestructura 2013-2014, respecto a los países de América Latina	25
Figura 7: Pasos y condiciones a seguir para la estimación del modelo VAR	32
Figura 8: Gráficos de las series en logaritmo	39
Figura 9: Raíces inversas de los polinomios AR característicos	42
Figura 10: Respuesta de la DLPBI ante el DLPBI	45

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Aplicación del modelo VAR diversos estudios macroeconómicos.....	55
ANEXO 2: Base de datos	56
ANEXO 3: Gráficos de las series en primera diferencia.....	58
ANEXO 4: Resultado de la Prueba de Raíz unitaria para las series en niveles	59
ANEXO 5: Resultado de la Prueba de Raíz unitaria para las series en primera diferencia .	61
ANEXO 6: Modelo VAR con 2 rezagos para las variables DLIBFP y DLPBI	63
ANEXO 7: Resultado de las pruebas sobre los residuos.....	64
ANEXO 8: Resultados de la prueba de cointegración de Johansen.....	66

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de la inversión pública en infraestructura sobre el crecimiento económico de Perú durante el periodo 1950 – 2013, a partir de los resultados obtenidos de un Modelo de Vectores Autorregresivo. Se utilizó como variables al Producto Bruto Interno (PBI) y la Inversión Bruta Fija Pública de Perú. Los resultados obtenidos concluyen que la tasa de crecimiento de la segunda variable impacta positivamente en la tasa de crecimiento del primera variable y que sus impactos continúan a través del tiempo (aproximadamente seis años). Asimismo, la variabilidad de la primera variable representa el 16.4 por ciento de la segunda variable.

Palabras claves: Crecimiento Económico, Inversión, Infraestructura Pública, Vectores Autorregresivos.

ABSTRACT

This research aims to evaluate the impact of public infrastructure investment on economic growth of Peru during the period 1950 - 2013, from the results of a Vector Autoregressive Model. It was used as variables to Gross Domestic Product (GDP) and Public Gross Fixed Investment of Peru. The results conclude that the growth rate of the second variable has positive impact on the growth rate of the first variable and their impacts continue through time (six year approximately). Also, the variability of the first variable represents 16.4 percent of the second variable.

Key Words: Economic growth, Investment, Public Infrastructure, Vector Autoregressive

I. INTRODUCCIÓN

A raíz de la publicación de Aschauer (1989) se dio inicio a una gran cantidad de literatura sobre el papel del capital público y la infraestructura sobre el crecimiento económico, utilizando para ello diversos métodos econométricos a diferentes muestras y regiones, cada uno con distintos resultados. En la mayoría de casos se concluye que el *stock* de infraestructura y que al mismo tiempo la inversión pública, es determinante para el crecimiento de un país y que ésta última, podría ser un instrumento de política económica muy efectiva para reducir la pobreza e incrementar la renta nacional dentro de un territorio.

En efecto, según la Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas (1998), se reconocen al menos tres tipos de efectos sobre el producto agregado. En primer lugar, es el efecto sobre las firmas, ya que un incremento en el stock de capital en infraestructura ocasiona que aumente la productividad permitiendo que con igual cantidad de recursos aumente la producción. Además, reduce los costos operativos lo que aumenta la competitividad y brinda el acceso a nuevos mercados internacionales.

En segundo lugar, es el efecto sobre las familias ya que las inversiones en infraestructura pública impactan positivamente en la calidad de vida y en el bienestar del individuo, que en el mediano o largo plazo impactan en la tasa de acumulación del capital humano.

En tercer lugar, es el efecto sobre el crecimiento económico debido a que las inversiones en infraestructura pública impactan en el crecimiento sobre el rendimiento del capital privado, estimulando la inversión, aumentando la tasa de acumulación de capital y finalmente la tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno. De manera similar, afecta favorablemente el bienestar de la población, lo que aumenta el capital humano y por ende la tasa de acumulación de capital.

A pesar de los beneficios mencionados, el país aún no toma la debida conciencia de la importancia de la inversión pública en servicios de infraestructuras sobre el desarrollo

económico del Perú. Por un lado, nuestro porcentaje de inversiones en infraestructura económica con respecto al PBI es de 4.46 por ciento al año 2012 (CEPAL, 2014), cifra que dista de alcanzar el 6.2 por ciento del PBI, estimado por Lardé y Sánchez (2014) para el periodo 2012 – 2020 a países de América Latina y el Caribe, cuya cifra es necesaria para que dichos países puedan atender su demanda de infraestructura.

Por otro lado, a pesar de destinar a este tipo de inversión un bajo porcentaje del PBI, aún existen problemas en dinamizar la ejecución del gasto en los proyectos de inversión pública. En efecto, como se puede apreciar en el siguiente cuadro, durante el periodo 2009 – 2013 solo se ha podido gastar en promedio el 74 por ciento de lo presupuestado.

Cuadro 1: Ejecución del Gasto en proyectos de inversión pública en Nuevos Soles

Año	PIM	Ejecución (Gasto Devengado)	% Ejecutado
2009	14,694,371,665	9,894,010,605	67%
2010	18,319,937,735	13,181,940,316	72%
2011	18,455,640,575	13,507,185,347	73%
2012	18,043,208,766	14,318,496,226	79%
2013	20,446,197,658	16,367,157,797	80%
Promedio			74%

Fuente: Portal de Transparencia Económica Consultado el 10 diciembre del 2014

Otro de los problemas que presenta el Perú, es que a diferencia de otras economías más desarrolladas, existe un déficit de información de series estadísticas que muestren el gasto realizado en infraestructura por grandes periodos de tiempo y que se encuentren desagregadas por tipo de infraestructura¹, ámbito geográfico², entre otras; lo que ha restringido que se puedan construir modelos económicos más sofisticados que incorporen un gran número de variables (Vasquez y Bendezú, 2008) de tal forma que se pueda analizar el papel de la inversión en infraestructura de servicios públicos sobre el crecimiento económico. Ante este problema, muchos autores han utilizado modelos de series de tiempo

¹ Infraestructura económica, infraestructura social, infraestructura del medio ambiente, recreación y esparcimiento, infraestructuras relacionadas a la información y conocimiento. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2000)

² Regional, departamental, provincial, distrital, entre otras.

más reducidos, tal es el caso de Cullison (1993), Roca Sagalés y Pereira (1998) y Perdomo (2002) que utilizaron los Modelos de Vectores Autorregresivos. Asimismo, es importante mencionar que, tal como sostiene Vasquez y BendeZú (2008), no existe un consenso entre la superioridad de los métodos complejos como el mostrado en los modelos de equilibrio general estocásticos sobre esquemas multidimensionales como lo son los Vectores Autorregresivos.

Dentro de los beneficios de utilizar un Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) es que todas las variables que se incluyen en este modelo no tienen raíz unitaria, es decir, son estacionarias, por tanto se supera el problema de regresiones espurias. Asimismo, este modelo admite los efectos de retroalimentación en diferentes periodos entre todas las variables incluidas sin imponer previamente ninguna restricción estructural en las relaciones dinámicas de las variables (Sim, citado por Roca Sagalés y Pererira 1998).

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PREGUNTA GENERAL

¿Cómo impacta la inversión en infraestructura pública sobre el crecimiento económico de Perú, a partir de las evidencias extraídas de un Modelo de Vectores Autorregresivos?

1.1.2. PREGUNTAS ESPECÍFICAS

PE1: ¿Cuánto tiempo dura el impacto sobre la tasa de crecimiento de la economía debido a la presencia de un impulso en la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructura pública?

PE2: ¿Qué porcentaje de las variaciones en el tiempo de la tasa del crecimiento de la economía puede ser atribuible a los choques producidos por la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructura pública?

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La relevancia de la investigación se sustenta en que actualmente en el Perú, así como otros países del continente, existe un déficit de infraestructura, lo cual crea limitaciones para que sus habitantes puedan desarrollar sus capacidades y/o habilidades, además de crear barreras para desarrollar y mejorar la competitividad del país, lo cual afecta al crecimiento económico. Es por ello, que la tesis busca captar la atención a las autoridades del gobierno sobre la importancia que tiene la infraestructura de servicios públicos en el desarrollo de una economía, para que se realicen políticas económicas más agresivas que busquen promover mayor dinamismo a este tipo de inversiones.

Además, para resolver los problemas planteados en la sección anterior, la tesis tiene como objetivo que, a través del Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR), se determine el impacto de la inversión pública en infraestructura sobre el crecimiento económico del Perú. Dentro de las ventajas de esta metodología, se encuentra que dicha técnica utiliza variables estacionarias evitando el problema de regresión espuria y además, incluye el efecto de retroalimentación a través del tiempo que tiene las variables del modelo con sus propios rezagos y con los rezagos de las demás variables incluidas en el sistema. Asimismo, otra ventaja de esta metodología es que su uso es adecuado en el caso de que exista escasez de información estadística que impida la utilización de modelos más complejos.

1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar cómo impacta la inversión en infraestructura pública sobre el crecimiento económico de Perú, a partir de las evidencias extraídas de un Modelo de Vectores Autorregresivos

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Determinar cuánto tiempo dura el impacto sobre la tasa de crecimiento de la economía debido a la presencia de un impulso en la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructura pública.

OE2: Determinar qué porcentaje de las variaciones en el tiempo de la tasa del crecimiento de la economía puede ser atribuible a los choques producidos por la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructura pública.

II. REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN DE INFRAESTRUCTURA

Según el Banco Interamericano de Desarrollo, citado por Rozas y Sanchez (2004), <<es posible definir a la infraestructura como el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones de - por lo general - de larga vida útil que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales>>. Esta definición contempla una relación de complementariedad entre el patrimonio físico, conformado principalmente por a) la infraestructura y el equipamiento y b) la prestación de servicios que ella produce. En efecto, un gran porcentaje de economistas asumen que la infraestructura en sí misma no produce nada sino proveer servicios y que ésta tarea a su vez, no puede existir sin la infraestructura. (Rozas y Sanchez, 2004). Por otro lado, el impacto de la infraestructura sólo puede ser significativo cuando esté culminada, ya que solo una fracción de ella no podrá ser capaz de producir ningún servicio, lo cual implica que para poder recibir los servicios de una infraestructura se tienen que realizar grandes inversiones y esperar largos periodos, hasta que dicha obra esté culminada. (Urrunaga y Aparicio, 2012)

Otra característica interesante de la infraestructura es la referida a su nivel de congestión, por lo que incrementos en el *stock* de infraestructura de un país tendrán beneficios significativos en su economía siempre que ésta, se encuentre congestionada en un determinado momento (Urrunaga y Aparicio, 2012), por ejemplo, el impacto de la construcción de un hospital de alta complejidad será mayor en una ciudad urbana que en una ciudad rural de pocos habitantes.

Por otro lado, El Banco Interamericano de Desarrollo (2000) clasifica la infraestructura según su función en: a) económica (energía, transporte y telecomunicaciones), b) infraestructura social (presas y canales de irrigación, sistema de agua potable y alcantarillado, educación y salud), c) del medio ambiente, recreación y esparcimiento y

d) relacionada a la información y el conocimiento. Asimismo, de acuerdo a su cobertura geográfica, diferencia la infraestructura según su alcance urbano, interurbano e internacional. El resumen de estas clasificaciones se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 2: Tipos de infraestructura según función y cobertura geográfica

Sectores / Tipos	Urbana	Interurbana	Internacional
Transporte	Red vial urbana, líneas ferroviarias	Carreteras, vías férreas, vías navegables, aeropuertos, puertos	Puertos, aeropuertos, carreteras, vías navegables, vías férreas
Energía	Redes de distribución eléctrica y de gas, plantas de generación, estaciones transformadoras	Redes de transmisión, gasoductos, oleoductos, plantas compresoras, centros de producción de petróleo y gas, centrales de generación eléctrica.	Redes de transmisión, gaseoductos, oleoductos
Telecomunicaciones	Redes de telefonía fija y celular	Redes de fibra óptica., antenas de microondas, satélites	Satélites, cables submarinos
Desarrollo social	Hospitales, escuelas	Represas y canales de irrigación, redes hidráulicas	-
Medio Ambiente	Parques y reservas urbanas	Parques, reservas, territorios protegidos circuitos de ecoturismo	Parques, reservas o circuitos de ecoturismo
Información y Conocimiento	Redes, edificios, TV por cable	Sistema de educación a distancia, portales, TV abierta, satélites	Redes

FUENTE: Tomado de (BID, 2000)

Seguendo al BID (2000), es importante mencionar que debido al efecto de red que tiene la infraestructura, es difícil que en la práctica se pueda diferenciar la infraestructura de acuerdo a su cobertura geográfica. Por ejemplo, en una carretera pueden transitar vehículos urbanos, interurbanos e internacionales; del mismo modo, pasa con los aeropuertos que provee servicios tanto al ámbito nacional como internacional.

2.2. CANALES DE TRANSMISIÓN ENTRE LA INFRAESTRUCTURA Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO

Cuando una firma usa servicios de infraestructura pública su productividad aumenta debido a que ésta complementa su capital (la tierra, el trabajo y capital físico) con la infraestructura pública existente; por ejemplo, la construcción de un canal de riego que aumenta la productividad de la tierra mejorando el rendimiento de los principales cultivos agrícolas de un determinado lugar. Por otro lado, siguiendo a Straub (2008), una mejora del acceso a las vías de transporte ocasiona que la mano de obra llegue más rápido a su centro de labores, reduciendo su nivel de estrés, lo cual incrementa la productividad del trabajador.

Por otro lado, la inversión en infraestructura mejora la accesibilidad a las redes de servicios públicos lo que incrementa la eficiencia de la de obtención de insumos, de almacenamientos y distribución de las empresas. (Rozas y Sánchez, 2004)

Continuando con el párrafo anterior, Straub (2008) menciona que existen otros efectos relacionados con la reducción de costos, producto del incremento de la inversión en infraestructura. El primero, es la reducción de costes de ajustes del sector privado, el cual hace mención a la disminución de los gastos adicionales que incurren las firmas para prevenir o suplir las carencias de servicios públicos, como por ejemplo, la adquisición de generadores eléctricos frente a un servicio de red energética deficiente. El segundo, hace referencia a la mayor durabilidad y mantenimiento del capital privado, lo que genera un ahorro de las firmas al dejar de destinar recursos en reparar o corregir las fallas de su stock de capital ocasionado por las deficiencias de los servicios de infraestructura vial, de redes energéticas, de agua y/o de telecomunicaciones, por ejemplo, una carretera en mal estado provoca que los vehículos que transiten en ella con frecuencia, presenten fallas mecánicas y se deterioren con mayor rapidez.

Siguiendo con Rozas y Sánchez (2004), la mejora en la productividad de los insumos y la reducción de los costos de las firmas provoca que las empresas se vuelvan más eficientes (produciendo más con la misma cantidad de recursos) y competitivas, lo que intensifica las oportunidades para expandir su mercado interno y/o externo.

Asimismo, la provisión de servicios de infraestructura tiene un efecto similar al de la reducción de aranceles, ya que se disminuyen las barreras comerciales y facilita intercambio, lo que a su vez estimula el incremento de las exportaciones e importaciones de un país. Además, incentiva el ingreso de la inversión extranjera directa ya que se crea condiciones adecuadas de mercado para desarrollar iniciativas empresariales y de negocios dentro de un estado. (Rozas y Sánchez, 2004)

Por otro lado, debido a que las grandes ciudades concentran una mayor cantidad de provisión de servicios de infraestructura, y por ende mayor actividad económica, la mano de obra se desplaza hacia esas ciudades (en busca de mayor bienestar y oportunidades económicas), lo que mejorará la productividad del mercado laboral, ya que, tal como lo menciona Prud'homme (2005), mercados de trabajo más grandes, ocasiona que los individuos tengan mayor probabilidad de encontrar el trabajo que esté acorde a sus competencias y habilidades; y las empresas contar con el personal que coincida con sus necesidades.

Respecto al efecto que tiene la expansión de la infraestructura sobre las familias, esto se canaliza a través de la mejora en su calidad de vida, mejorando por ejemplo, los niveles ahorro de tiempo, salubridad, educación, seguridad, entre otros; lo que a su vez impacta en la acumulación de capital humano y a través de ella, aumenta el crecimiento económico. (Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas, 1998)

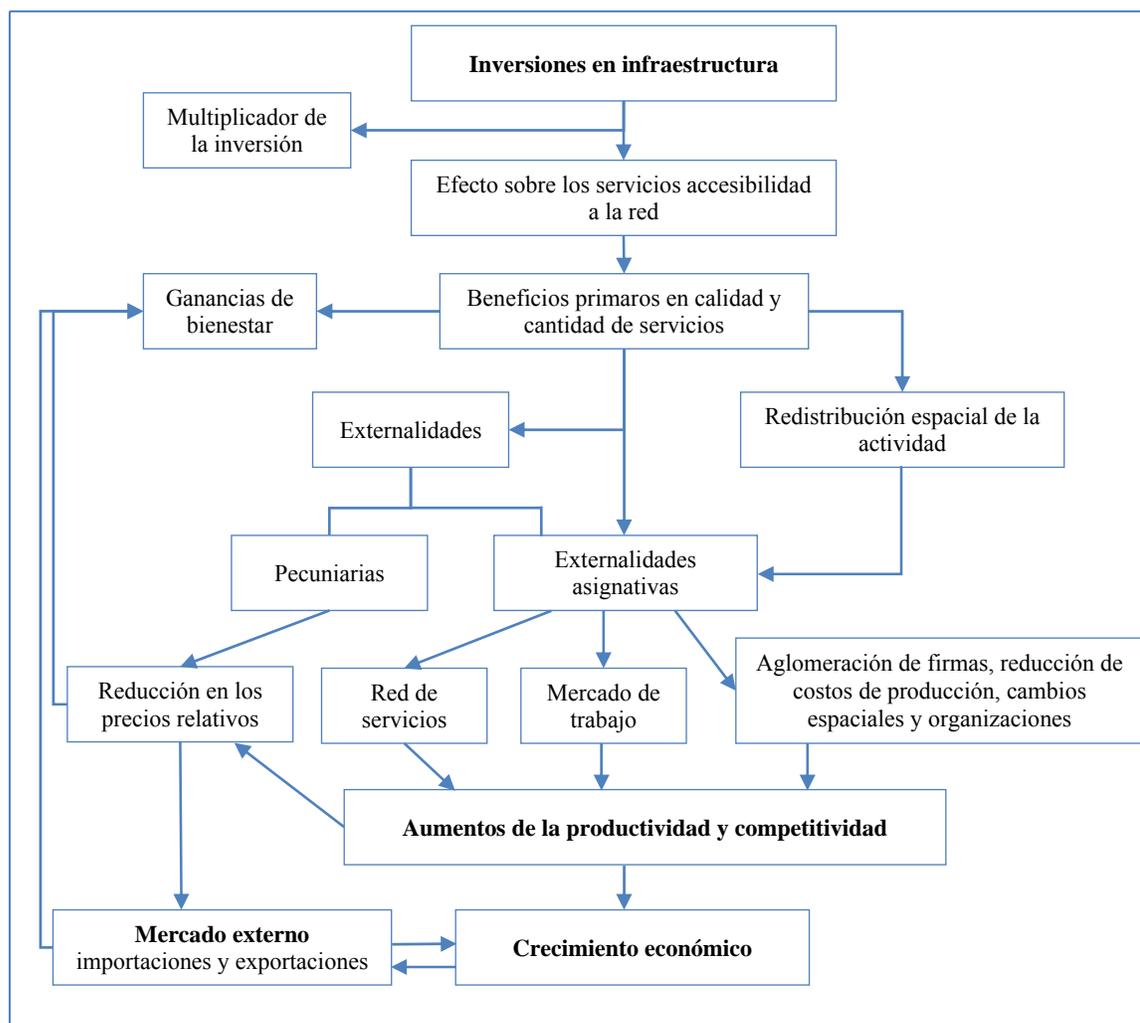
Por otro lado, el Instituto Peruano de Economía (2006) menciona que es posible que las familias puedan realizar otras actividades económicas y obtener ingresos adicionales debido al ahorro de tiempo (con el que antes no contaban) que provoco el mayor acceso a los servicios públicos.

En este enfoque se encuentran también Aparicio et al. (2011), los cuales mencionan que el acceso a la infraestructura genera una disminución de los gastos en que inciden los hogares, como por ejemplo, la ampliación del acceso a agua potable domiciliaria ocasiona que las familias no incurran el elevado costo de adquirir el agua a través de camiones cisternas. Asimismo, APOYO Consultoría, citado por Aparicio et al. (2011), señala que el aumento de la accesibilidad a los servicios públicos de diferentes tipos de infraestructura pueden

eliminar las dificultades que encuentran los hogares para que puedan generar recursos a través de su capital físico, por ejemplo, la incorporación de adecuadas redes de comunicaciones pueden hacer que los hogares coordinen de manera oportuna con sus proveedores (por ejemplo de balones de gas) y de esta manera realizar comparaciones de precios y elegir al proveedor que ofrezca sus productos a menor costo.

El mecanismo de influencia de la inversión en infraestructura se muestra en la siguiente figura:

Figura 1: Canales de transmisión de la inversión en infraestructuras hacia el crecimiento



FUENTE: Tomado de Rozas y Sánchez (2004)

2.3. MODELOS DE CRECIMIENTO ECONÓMICO, ACUMULACIÓN DE CAPITAL E INFRAESTRUCTURA.

2.3.1. EL MODELO DE CRECIMIENTO DE SOLOW

La presente sección ha sido tomada de Sachs y Larraín (1994). Los autores señalan que el modelo de crecimiento planteado por Robert Solow muestra la relación existente entre el ahorro, la acumulación de capital y el crecimiento económico.

Partiendo de una ecuación de producción donde el producto (Y) está en función del capital (K): $Y = f(K)$

Al dividir entre la cantidad de trabajadores (L) se tiene la misma función en términos per cápita, en donde (y) es el producto per cápita y (k) es el capital per cápita.

$$\frac{Y}{L} = f\left(\frac{K}{L}\right) \approx y = f(k)$$

Por otro lado, en una economía cerrada se tiene que la inversión (I) es igual al ahorro privado (S)³

$$I = S$$

Además, el ahorro es una porción fija del producto nacional, entonces:

$$I = S = sY \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Por otro lado, el capital se desgasta a una tasa de depreciación (d), por lo tanto, la evolución del *stock* del capital viene dada por la inversión menos la depreciación:

$$\Delta K = I - dK \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Entonces reemplazando la ecuación 1 en la ecuación 2, tenemos:

$$\Delta K = sY - dK \quad \text{(Ecuación 3)}$$

³ En una economía cerrada la inversión es igual al ahorro privado y público, es decir, $I = S + (G - T)$, donde G es el gasto público y T son los impuestos. Sin embargo, estas últimas variables se encontrarán en la condición de *Ceteris paribus*, con el objetivo de centrar la atención en la variables acumulación de capital.

El modelo supone que la tasa de crecimiento de la población es la misma que la tasa de crecimiento de cantidad de trabajadores, es decir: $\Delta L/L = n$.

Asimismo, la tasa de crecimiento del capital per cápita (k) es representada por la siguiente

igualdad: $\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta K}{K} - \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta K}{K} - n \approx \Delta K = \left(\frac{\Delta k}{k}\right) K - nK$ (Ecuación 4)

Por tanto, igualando la ecuación 3 y la ecuación 4 y dividiendo entre la cantidad de trabajadores (L) se tiene:

$$\left(\frac{\Delta k}{k}\right)\left(\frac{K}{L}\right) - \left(\frac{nK}{L}\right) = s\left(\frac{Y}{L}\right) - \left(\frac{dK}{L}\right) \approx \Delta k = sy - (n + d)k$$
 (Ecuación 5)

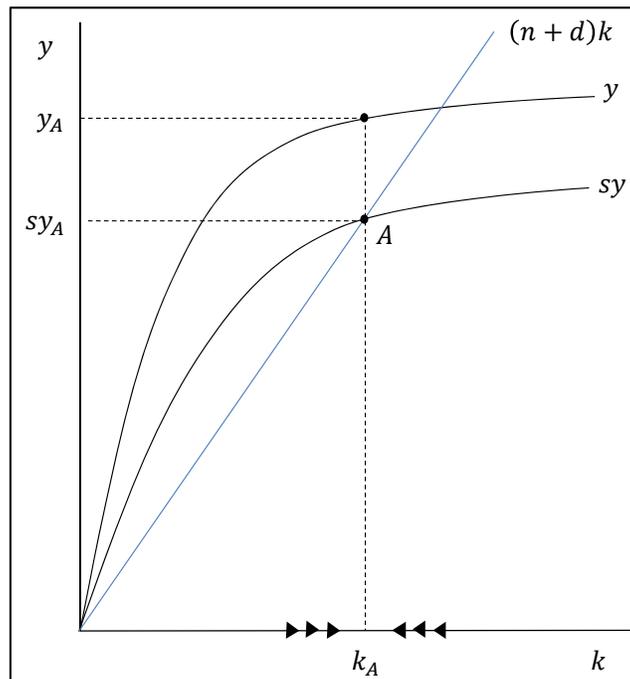
La ecuación es conocida como la ecuación fundamental del capital. Se aprecia que el termino $(n + d)$ es la inversión en capital que se realiza para equipar al nuevo ingreso de trabajadores en la economía y para reponer el capital depreciado.

Por lo tanto, en base a la ecuación 5, se puede realizar las siguientes conclusiones:

- Si $sy > (n + d)k$, entonces $\Delta k > 0$, es decir, el capital y la renta aumentan
- Si $sy < (n + d)k$, entonces $\Delta k < 0$, es decir, el capital y la renta se reducen
- Si $sy = (n + d)k$, entonces $\Delta k = 0$, es decir, el capital y la renta permanecen constante. A esta condición, se le conoce como “estado estacionario”

Dichas conclusiones se pueden apreciar en la siguiente figura:

Figura 2: Representación del modelo de Solow



El Punto A representa el estado estacionario
FUENTE: Tomado de Sachs y Larrain (1994)

2.3.2. DEL MODELO DE SOLOW AL MODELO DE CRECIMIENTO ENDÓGENO

El Modelo de Solow considera que, para que haya crecimiento del producto per cápita a largo plazo debe existir mejoras tecnológicas, pero dicha variable no es incluida en su modelo, por tal motivo, el progreso tecnológico se supone como un componente exógeno. (Jiménez, 2010). Asimismo, el Modelo de Solow considera la hipótesis de la productividad marginal decreciente del capital lo que conlleva que el crecimiento se agote. Por otro lado, siguiendo a Jiménez (2010), el supuesto planteado en el modelo de Solow que la tasa de crecimiento de largo plazo es igual a la suma de las tasas de crecimiento del progreso técnico exógeno y de la población, implica que el crecimiento a largo plazo es independiente del ahorro y de las medidas tomadas en materia de política económica.

En contraste con estos supuestos de Solow, aparecen los Modelos de Crecimiento Endógeno, que consideran que la presencia de externalidades positivas provoca que el

producto marginal del capital no disminuya conforme aumente la inversión. Asimismo, estos modelos consideran que la tasa de crecimiento depende del capital físico, capital humano y conocimiento (o progreso técnico) que pueden ser objeto de acumulación. (De Mattos, 1999).

Respecto al capital físico e infraestructura, podemos destacar los modelos de crecimiento endógeno de Rebelo (1990), Romer (1986) y Barro (1989, 1990), los cuales se describen a continuación:

- Romer (1986), según Gerald (2007), considera la presencia de externalidades positivas derivadas del capital físico a través de dos formas. La primera hace referencia a los efectos de complementariedad que genera la utilización del capital físico sobre la industria. La segunda se deriva que, al acumular capital, las empresas acumulan al mismo tiempo conocimiento (aprendizaje en la práctica), es decir, el conocimiento es obtenido como una medida aproximativa de la inversión en capital físico. Todas estas externalidades de manera agregada ocasionan que la existencia de rendimientos de escala crecientes en la economía.
- Rebelo (1990), según Gerald (2007), considera que puede haber crecimiento en el largo plazo a partir de la inclusión del concepto del capital humano, en remplazo de factor trabajo dentro de la función de producción. Este tipo de capital acumulable se añade al capital físico para formar un solo capital, cuya elasticidad producto respecto al capital es igual a 1. Por tanto, al incluir este concepto, el modelo de Rebelo elimina los rendimientos marginales decrecientes respecto al capital total.
- Barro (1989, 1990), según Guzmán (s.f), considera que el crecimiento se explica por la inversión en infraestructura física. La inversión en servicios de infraestructura pública (carreteras, comunicaciones, puentes, entre otros), impacta positivamente sobre la productividad total de factores del conjunto de las firmas. En ese sentido, las inversiones en servicios públicos tienen un papel importante en el crecimiento, siempre que ésta dinamice la inversión.

De los modelos mencionados, se puede concluir que la teoría económica confirma que la acumulación de capital físico y la inversión en infraestructura son componentes determinantes para el crecimiento económico en el largo plazo debido a las externalidades positivas que éstas generan sobre la actividad económica.

2.4. EVIDENCIA EMPÍRICA RELEVANTE INTERNACIONAL

Uno de los principales trabajos y que originó el gran debate sobre relación entre el crecimiento económico y la infraestructura fue realizado por Aschauer (1989), quien vinculó la caída de la productividad de los Estados Unidos con el descenso de la inversión pública. En efecto, el autor a partir de una función de producción Coob-Douglas Generalizada, afirmó que la inversión pública (en particular la que se refiere a la infraestructura no militar: carreteras, puertos, aeropuertos, electricidad, saneamiento, etc.) tiene un impacto significativo sobre el crecimiento económico y en la productividad de la economía norteamericana. Los resultados de Aschauer tuvieron diversas críticas, entre ellas fue i) la existencia del problema de la doble causalidad entre la inversión en infraestructura y el producto, ii) la utilización de series no estacionarias lo que posiblemente conlleve a un problema de regresión espuria y iii) la existencia de variables omitidas y demasiadas restricciones al comportamiento de la firma.

Las posteriores investigaciones trataron de superar los problemas presentados en el trabajo de Aschauer, para ello desarrollaron diferentes metodologías, siendo los principales el análisis a partir del comportamiento de la firma (a partir de función de costos o función de beneficios), el análisis de series de tiempo y de datos de panel.

Berndt y Hansson (1991) utilizaron la metodología del comportamiento de la firma, con la cual concluye que el incremento del acervo del capital en infraestructura pública reduce los costos del sector privado. Dicho análisis fue realizado para Suecia durante los años comprendidos entre 1960 – 1988.

Calderón y Servén (2004) a través de la técnica econométrica de datos de panel, evalúan el impacto del desarrollo de la infraestructura sobre el crecimiento económico y la distribución del ingreso para una muestra de 100 países durante los años 1960 – 2000. Los

resultados mostraron que i) existe un efecto positivo en el crecimiento económico producido por nivel de stock de infraestructura y ii) que a medida que se incrementa la calidad y el desarrollo de infraestructura de un país, se reduce la desigualdad de los ingresos.

Riviera y Toledo (2004) a través del análisis de cointegración encuentran una relación de largo plazo entre el producto y la inversión pública en infraestructura durante el periodo comprendido entre los años 1975 – 2000. Los resultados mencionan que por cada incremento del 10 por ciento en inversión pública, el producto de la economía chilena aumentará en 1.6 por ciento.

Urcullo, Valdés y Bravo (2014) realiza, a través del análisis de cointegración, un análisis sobre los efectos de complementariedad y desplazamiento que existe de la inversión pública sobre inversión privada para la economía chilena en el periodo 1996 – 2012. Sus resultados sugieren que el corto plazo la inversión pública desplaza a la inversión privada, pero en el largo plazo ocurre un efecto de complementariedad de la primera inversión sobre la segunda.

Villca (2014) estudia los efectos de la inversión pública sobre la tasa de crecimiento de la economía para Bolivia, utilizando para ello utilizó datos de panel, desagregando la inversión pública en los sectores de a) infraestructura, b) social, c) productivo y d) multisectorial. Sus resultados mostraron la presencia de una relación directa entre el crecimiento económico y la inversión pública; y además que ésta inversión, se destina en mayor proporción al sector infraestructura.

2.5. EVIDENCIA EMPÍRICA RELEVANTE EN EL PERÚ

Vásquez (2004) utiliza un modelo de crecimiento endógeno mediante el uso de series de tiempo no estacionarias para evaluar el efecto que sufre el crecimiento del Perú, debido a la expansión de inversión en infraestructura eléctrica para el periodo 1940 - 2000. El autor encuentra que en el largo plazo las variables entre infraestructura eléctrica y el PBI se encuentran cointegradas, y que la infraestructura eléctrica per cápita cuenta con una elasticidad producto de 0.138. Asimismo, en su investigación se pudo verificar que un

incremento de diez puntos porcentuales en la infraestructura eléctrica tendría una respuesta en la tasa de crecimiento alrededor del 0.25 puntos porcentuales durante los dos primeros años y que se estima que dicho efecto disminuya gradualmente en los próximos siete años.

Vásquez y Bendezú (2008) basa su investigación a través de tres enfoques: 1) series de tiempo, 2) panel de datos y 3) análisis insumo producto. En el primer caso, utiliza un modelo de crecimiento endógeno, para que a través del análisis de series de tiempo, se evalúe el impacto del crecimiento económico de la economía peruana producido por la expansión de la infraestructura vial durante el periodo 1940-2003. Sus resultados evidenciaron que existe a) una relación de largo plazo (existencia de cointegración) entre las variables infraestructura vial y la producción y b) la elasticidad – producto de la infraestructura vial es de 0.218.

En el segundo caso, parte de un modelo de crecimiento endógeno para realizar la evaluación del efecto de la infraestructura vial sobre el crecimiento económico regional del Perú, bajo el enfoque de datos de panel a nivel departamental correspondiente al periodo 1970-2003. Los resultados de la estimación del modelo econométrico utilizado demuestran que la infraestructura vial, es un componente fundamental para el desarrollo económico en los espacios regionales.

En el tercer caso, a través del análisis de insumo producto regional, se logra concluir que para lograr un incremento en el nivel de actividad económica es necesario que la construcción de carreteras longitudinales conecten y penetren a las distintas regiones del país.

Urrunaga y Aparicio (2012) utilizan la técnica econométrica de panel de datos con información de 24 regiones del Perú para el periodo 1980-2009. El estudio demuestra que el desarrollo de las infraestructuras de carreteras, electricidad y telecomunicaciones son elementos relevantes para justificar las diferencias en los productos entre las distintas regiones del país.

2.6. EVIDENCIA EMPÍRICA CON LA METODOLOGÍA VAR

Un modelo Vectores autoregresivos (VAR), es un sistema de ecuaciones simultáneas en el que todas las variables que se incluyen son consideradas endógenas, pues cada una de ellas es explicado por sus propios valores rezagados y por lo valores rezagados de las demás variables. Asimismo, como menciona Perdomo (2002), puede incluirse como variables explicativas algunas variables determinista como (constante, tendencia y variables dummy).

Dentro de las bondades de utilizar un Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) es que todas las variables que se incluyen en este modelo no tienen raíz unitaria, es decir, son estacionarias, por lo tanto se supera el problema de regresiones espurias. Asimismo, este modelo admite los efectos de retroalimentación en diferentes periodos entre todas las variables incluidas sin imponer previamente ninguna restricción estructural en las relaciones dinámicas de las variables. (Sim, citado por Roca Sagalés y Pereira 1998).

Además, a diferencia de los modelos con enfoque univariante de funciones estáticas que incluyen al acervo de capital en infraestructura como factor de producción del crecimiento económico, el análisis VAR considera los efectos producidos por la implementación de nuevas infraestructuras públicas en un país o región, no solo en el momento que inició su construcción y/o funcionamiento, sino también en sus periodos posteriores. (Roca Sagalés y Pereira ,1998)

Por otro lado, según Perdomo (2002), la utilización de esta metodología no exige una dirección de causalidad entre las variables incluidas en el modelo.

Es importante mencionar que, como sostienen Vasquez y Bendezú (2008), los autores reconocen que un marco ideal se debería considerar todas las variables que se ven afectadas ante un incremento de la inversión en infraestructura (precios, empleos, productividad, etc.) pero países como Perú, carecen de información suficiente para poder hacer una adecuada estimación de los parámetros para elaborar modelos más complejos, es por ello, que muchos economistas utilizan modelos más reducidos como los vectores autorregresivos. Asimismo, como se ha podido observar a lo largo de esta investigación para la estimación de las variables presentadas, muchos autores han usado distintas técnicas econométricas de

series de tiempo o panel de datos, entre otras, por tal razón, como mencionan Vásquez y Bendezú (2008), no existe consenso en la academia respecto a la superioridad de los métodos complejos como el mostrado en los modelos de equilibrio general estocásticos sobre esquemas multidimensionales como lo son los vectores autorregresivos⁴.

En la presente investigación se han tomado como autores principalmente a Cullison (1993), Roca Sagalés y Pereira (1998) y Perdomo (2002), los cuales a través del análisis impulso respuesta y/o descomposición de la varianza, evalúan el impacto de la inversión pública sobre el crecimiento económico y viceversa. Es importante mencionar que los análisis mencionados serán explicados en la sección 3.2: “Descripción general del Modelo de Vectores Autorregresivos (VAR)”.

Cullison (1993) analiza el impacto sobre el crecimiento económico que tiene la inversión pública en capital humano para los Estados Unidos durante el período 1952-1991, para ello utilizó como variables los logaritmos del PBI y de diferentes rubros del gasto público por función. Su estudio concluyó que el gasto público en educación, tiene un impacto positivo y estadísticamente significativo sobre el crecimiento económico.

Roca Sagalés y Pereira (1998) evalúan los efectos en el crecimiento económico global y sectorial (Agricultura, Industria, Construcción y Servicios) de España durante el periodo 1970-1991, ocasionados por la inversión en infraestructuras de transportes y comunicaciones. Los resultados totales de la economía de aumentar un punto porcentual a la tasa de crecimiento del capital público, ocasionarán que el PBI responda con una elasticidad de 0.74 al *shock* producido por la inversión pública. Asimismo, se concluyó que existe un impacto positivo en todos los sectores debido al choque de inversión en capital público, siendo el principal de ellos el sector construcción con una elasticidad acumulada de 4.04 en el largo plazo.

Perdomo (2002) sostiene para el caso colombiano, que la inversión pública agregada no tiene un significativo sobre el crecimiento económico; sin embargo, es posible incrementar

⁴ Es importante mencionar que la metodología de vectores Autorregresivos también es utilizada para realizar diversas investigaciones de análisis macroeconómico. Por citar algunos ejemplos: Arenas y Blando (2015), Rodríguez (2005), Daza (2011), Tenorio (2005), Vidal (2008) y Arias y Torres (2004), los cuales se muestran en el ANEXO 1.

los niveles de producción si se incrementan inversiones públicas en los rubros de electricidad, gas, agua, educación y minería e industria manufacturera.

ESAN (2010), a través de un modelo estructural de vectores autorregresivos, mostró que existe un efecto positivo y duradero del PBI ante un impulso tanto de la inversión pública como de la inversión en construcción privada. El modelo propuesto, usó a la inversión pública, la inversión en infraestructura, los ingresos tributarios y el PBI como variables dependientes, mientras que como variables independientes el ciclo de los términos de intercambio, el ciclo del gasto público y algunas variables dummies.

López (2010), utilizó un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) para determinar los sectores de la inversión pública que tienen mayor incidencia en el crecimiento económico de Bolivia, considerando el período 1988 – 2008. Sus resultados pudieron determinar que dichos sectores eran el sector de infraestructura y el sector social. En contraste, se determinó que a través de la función impulso-respuesta el sector que tuvo menor incidencia en el crecimiento correspondería a la inversión pública en el sector productivo

2.7. SITUACIÓN DE LA INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA Y DEL PBI EN EL PERÚ

2.7.1. INDICADORES DE CALIDAD DE INFRAESTRUCTURA EN EL PERÚ

De los datos obtenidos del Reporte de Competitividad del 2014-2015, se puede observar que a nivel de infraestructura, el Perú se encuentra en el puesto 88 de 144 países y con un puntaje de 3.5. Lo antes mencionado, muestra que el país se encuentra con un nivel regular de desarrollo de su infraestructura en comparación con las demás economías que participaron en dicho reporte. Tal como se explicó anteriormente, es importante mencionar que el impacto de la infraestructura afecta a la productividad y la competitividad de un país, por lo que es de gran importancia que el país siga sumando esfuerzos para mejorar la situación de la infraestructura del Perú, con el objetivo de que su influencia se vea reflejada en los demás pilares de competitividad y por ende siga escalando posiciones dentro del mencionado *ranking*.

Cuadro 3: *Ranking* de competitividad Perú 2014-2015

		Puesto (De 144 países)	Puntaje* (1-7)
Pilares	Requerimientos Básicos	74	4.5
1°	Instituciones	118	3.3
2°	Infraestructura	88	3.5
3	Estabilidad Macroeconómica	21	5.9
4	Salud y Educación primaria	94	5.4
	Potenciadores de la eficiencia	62	4.2
5	Educación superior	83	4.1
6	Eficiencia en el mercado de bienes	53	4.5
7	Eficiencia en el mercado laboral	51	4.3
8	Sofisticación del mercado financiero	40	4.5
9	Adaptabilidad a la tecnología	92	3.3
10	Tamaño del mercado	43	4.5
	Factores de sofisticación e innovación	99	3.3
11	Sofisticación de los negocios	72	3.9
12	Innovación	117	2.8
Índice Global de Competitividad 2014 - 2015		65	4.2

* El puntaje va de 1 = Infraestructura poca desarrollada, a 7 = infraestructura es la más desarrollada
FUENTE: The Global Competitiveness Report 2014-2015.

Analizando los indicadores que conforman el segundo pilar (infraestructura), podemos apreciar que en términos globales la calidad de la infraestructura se encuentra dentro del tercio inferior de las 144 economías que conforman el *ranking* de competitividad. Esto se debe principalmente a que nuestra calidad de las infraestructuras, viales, ferroviarias, portuarias y de transporte aéreo, así como también las coberturas telefónicas fijas y móviles son inferiores en comparación a las demás países.

En contraste, los indicadores que alcanzaron mejores posiciones fueron los asientos aéreos disponibles por kilómetros y la calidad del suministro eléctrico, los cuales se ubicaron en los puestos N° 43 y N° 71 respectivamente.

Cuadro 4: Ranking de competitividad Perú 2014-2015

	2nd Pillar: Infraestructura	Valor	Ranking/ 144
2.01	Calidad de la infraestructura global*	3.5	105
2.02	Calidad de las carreteras*	3.2	102
2.03	Calidad de la infraestructura ferroviaria*	1.9	90
2.04	Calidad de la infraestructura portuaria*	3.7	87
2.05	Calidad de la infraestructura del transporte aéreo*	4.0	89
2.06	Asientos aéreos disponibles por kilómetros (en millones)	498.1	43
2.07	Calidad del suministro eléctrico**	4.9	71
2.08	Líneas telefónicas móviles por cada 100 habitantes	98.1	97
2.09	Líneas de teléfonos fijos por cada 100 habitantes	11.3	84

* 1 = muy poco desarrollado; 7 = extensa y eficiente a las normas internacionales

** 1 = insuficiente y sufre frecuentes interrupciones; 7= suficiente y fiable

FUENTE: The Global Competitiveness Report 2014-2015.

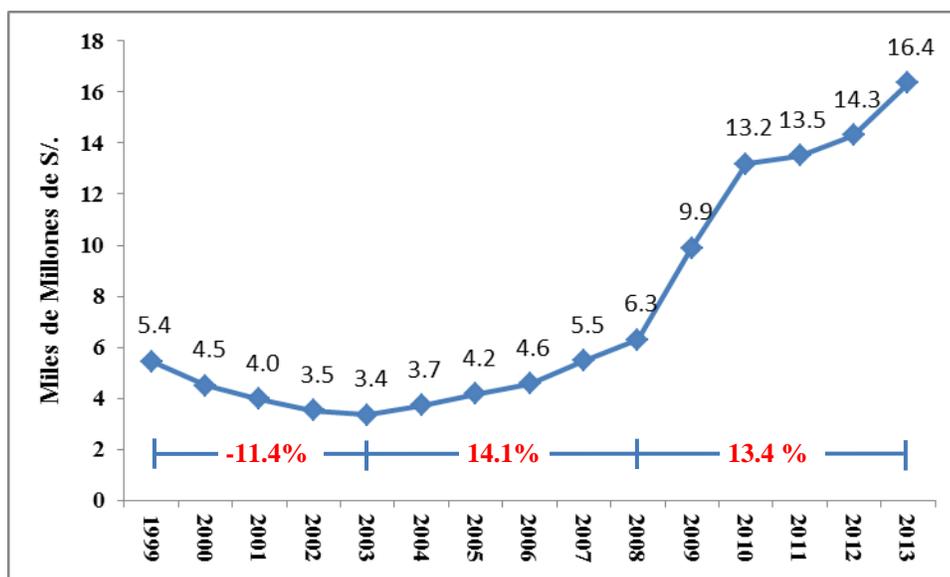
2.7.2. INFRAESTRUCTURA Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

De la Figura 3 y Figura 4, se puede observar la evolución de la ejecución de proyectos de inversión pública y el Producto Bruto Interno (PBI) respectivamente. De dichas figuras se puede desprender que:

- En el periodo 1999-2003, la tasa de crecimiento de la inversión pública y del PBI son bajos, ambos con valores de -11.4 por ciento y 3.2 por ciento respectivamente.
- En el periodo 2004-2008, hubo un incremento de la tasa de crecimiento de la inversión pública pasando de -11.4 por ciento a 14.1 por ciento. De la misma manera, existió para dicho periodo un incremento de la tasa de crecimiento del PBI que paso de 3.2 por ciento a 7.9 por ciento.
- En el periodo 2009-2013, hubo una reducción de la tasa de crecimiento de la inversión pública pasando de 14.1 por ciento a 13.4 por ciento. De la misma manera, existió para dicho periodo una disminución de la tasa de crecimiento del PBI que paso de 7.9 por ciento a 6.7 por ciento.

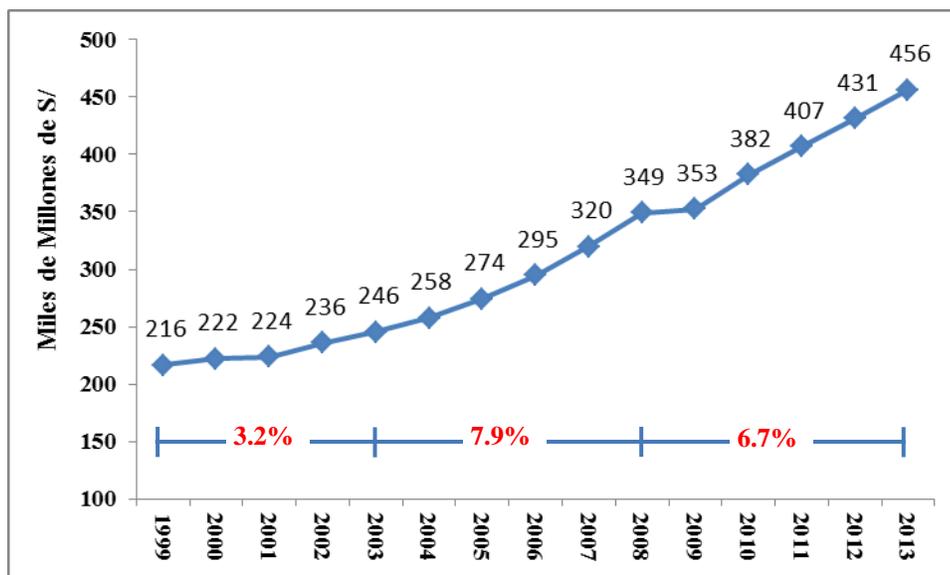
Los resultados muestran que existe una correlación entre el comportamiento de la ejecución de proyectos de inversión pública y el PBI.

Figura 3: Evolución de la ejecución del gasto proyectos de inversión pública



FUENTE: Portal de Transparencia Económica Perú, para los periodos 1999-2013
Elaboración Propia

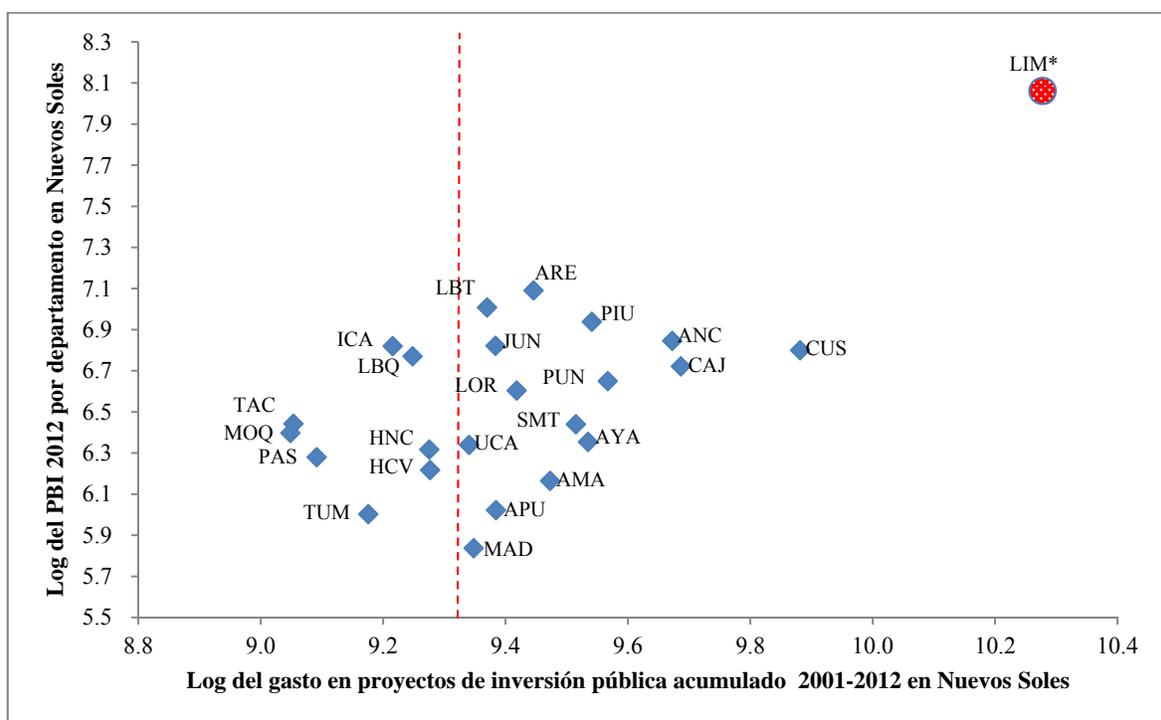
Figura 4: Evolución del PBI (Periodo 1999-2013)



Datos en miles de millones de Nuevos Soles a precios del 2007
FUENTE: Banco de Reserva del Perú
Elaboración Propia

Por otro lado, en la Figura 5 se muestra la relación que tiene el PBI del año 2012 de cada departamento con su correspondiente gasto en ejecución de proyectos de inversión pública acumulada durante el periodo 2001-2012. Es importante mencionar que se utiliza dicha gasto acumulado⁵, debido a que los efectos de la acumulación de capital no solo se aprecian en el año que se realizó el desembolso de la inversión, sino también ven reflejados en el mediano y largo plazo debido a los beneficios indirectos que tiene éste tipo de inversión.

Figura 5: PBI por departamentos 2012 y el gasto en proyectos de la inversión pública desde en 2001-2012



TAC = Tacna, MOQ = Moquegua, PAS = Pasco, TUM = Tumbes, ICA = Ica, LBQ = Lambayeque, HNC = Huánuco, HNV = Huancavelica, LBT = La Libertad, LOR = Loreto, UCA = Ucayali, APU = Apurímac, MAD = Madre de Dios, AMA = Amazonas, SMT = San Martín, JUN = Junín, PUN = Puno, ARE = Arequipa, PIU = Piura, AYA = Ayacucho, ANC = Ancash, CAJ = Cajamarca, CUS = Cusco, LIM = Lima.

* En el caso de Lima se incorporó el registro de la inversión pública para la Provincia Constitucional del Callao acumulada del periodo 2001-2012

FUENTE: PBI departamental 2012 – INEI, Portal de Transparencia Económica Perú, Montos devengados obtenidos de en el portal de Transparencia Económica Perú.

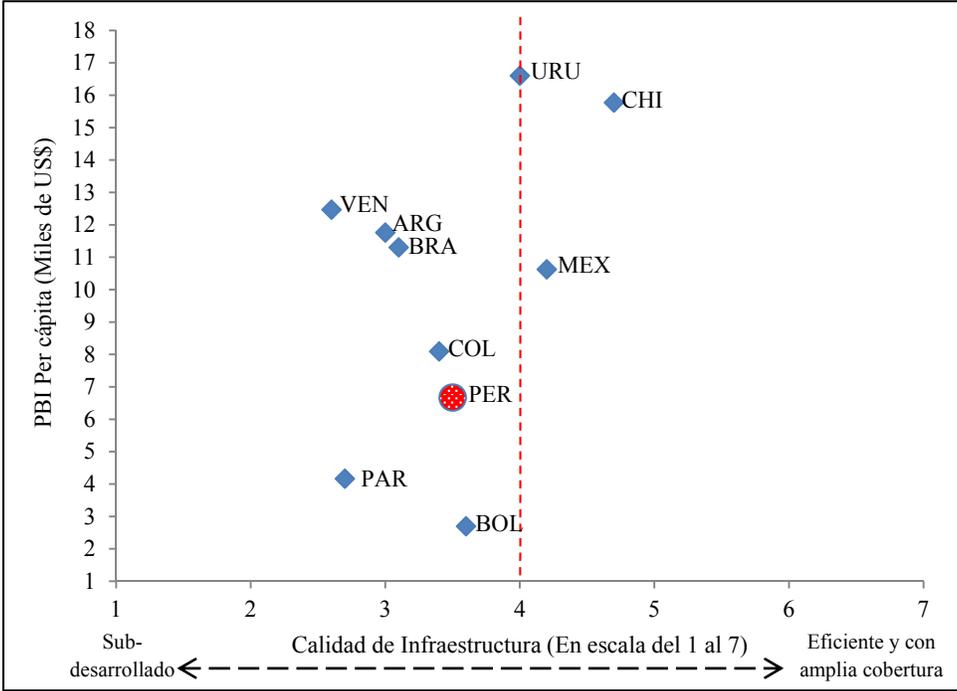
Elaboración Propia

⁵ Se utilizó el monto devengado

Al observar la figura anterior, se puede deducir que en la mayoría de los casos, los departamentos que destinaron mayor inversión en infraestructura pública durante años, son aquellos que cuentan con un mayor PBI en comparación con sus pares que destinaron menores recursos para este tipo de inversión acumulada durante el mismo periodo, siendo el departamento de Lima, el caso más resaltante.

Llevándolo al plano internacional, se puede observar en la siguiente figura que Uruguay, Chile y México son países que presentan un alto PBI per cápita y a la vez presentan una buena calidad de su infraestructura en comparación con sus pares de América Latina.

Figura 6: Relación PBI per cápita 2013 y la calidad de la infraestructura 2013-2014, respecto a los países de América Latina



FUENTE: The Global Competitiveness Report 2013-2014
Elaboración propia

2.7.3. BRECHA DE INFRAESTRUCTURA

Perrotti y Sanchez (2011) definen la brecha de infraestructura a través de dos dimensiones:

- Brecha en dimensión horizontal: el cual se refiere a la carencia de inversiones para alcanzar una meta determinada. Estas pueden ser las brechas de comparación respecto a otros países o la brecha referente a un nivel de cobertura y calidad óptimo que el país desea alcanzar.
- Brecha en dimensión vertical, el cual hace referencia a los factores internos de un país que ocasiona las diferencias entre el comportamiento de su oferta y demanda de infraestructura interna.

En el Perú, la brecha de inversión en infraestructura para el periodo 2012 – 2021 se estima en US\$ 87,975 millones, el mismo que representaría el 33 por ciento del PBI promedio para dicho periodo. (AFIN, 2012). Además, se puede observar en el siguiente cuadro que los sectores de energía, transportes y telecomunicaciones son los sectores que requieren mayor inversión para cubrir su brecha representando respectivamente el 37.5 por ciento, 23.8 por ciento y 21.8 por ciento del total de la brecha de inversión en infraestructura estimada para el 2012-2021.

Cuadro 5: Brecha de inversión en infraestructura 2012 -2021

Fuente	Sector	Brecha (Millones de US\$)	Porcentaje
Centro de investigación de la Universidad del Pacífico	Telecomunicaciones	19,170	21.8%
	Banda ancha	11,852	
	Telefonía Móvil	4,973	
	Telefonía fija	2,345	
	Agua y saneamiento	5,335	6.1%
	Agua Potable	1,569	
	Alcantarillado y tratamiento de aguas servidas	3,766	
Instituto de Regulación y Finanzas de la Universidad ESAN	Infraestructura hidráulica (3)	8,682	9.9%
	Transporte	20,935	23.8%
	Redes viales	12,791	
	Ferrocarriles	7,308	
	Puertos	708	
	Aeropuertos	128	
	Energía	32,987	37.5%
	Electricidad	32,297	
	Hidrocarburos	690	
	Salud (1) (3)	478	0.5%
Educación (2) (3)	388	0.4%	
Total		87,975	100.0%

FUENTE: Tomado de AFIN (2012)

(1) La brecha en el sector salud corresponde a infraestructura para atención primaria solamente

(2) La brecha en el sector educación corresponde a infraestructura básica solamente

(3) La brecha de inversión en infraestructura comparable con la brecha calculada por encargo de AFIN (2008) es de US\$ 78,426 millones sin considerar los sectores de infraestructura hidráulica, salud y educación

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL

Se plantea que la inversión en infraestructura pública impacta positivamente sobre el crecimiento económico de Perú, a partir de las evidencias extraídas de un Modelo de Vectores Autorregresivos.

3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: Se plantea que el impacto sobre la tasa de crecimiento de la economía tiene una duración significativa, debido a la presencia de un impulso en la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructura pública.

HE2: Se plantea que un porcentaje significativo de las variaciones en el tiempo de la tasa del crecimiento de la economía es atribuible a los choques producidos por la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructura pública

3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO DE VECTORES AUTORREGRESIVOS (VAR)

En esta sección se tomará el análisis teórico del modelo VAR realizado por Perdomo (2002). El autor señala que cada variable del sistema VAR, medida en niveles o en diferencias, es tratada de forma simétrica, es decir, todas las variables del mismo sistema cuentan con la misma cantidad de regresoras y no existe variables exógenas. Además, según Roca Sagalés y Pereira (1998), el modelo VAR incluye los efectos de retroalimentación (*feedback*) entre las variables consideradas, es decir, el modelo toma en consideración la presencia de múltiples impactos ocurridos en diferentes periodos que pueden surgir como consecuencia de la relación entre las variables incluidas en el VAR.

Asimismo, entre los beneficios de usar los modelos VAR, está 1) que permiten la aplicación del análisis de impulso respuesta y 2) del análisis descomposición de la varianza del error. El primero consiste en una simulación de cómo *shocks* inducidos por una variable impactan sobre el modelo. El segundo permite conocer para cada horizonte temporal en que parte de la varianza del error es atribuida por sus propios *shocks* y que parte es debido a los *shocks* producidos por otras variables (Perdomo, 2002)

La forma vectorial del modelo VAR estructural se muestra de la siguiente forma utilizado por Perdomo (2002):

$$Ay_t = B(L)y_{t-1} + C\varepsilon_t \quad (\text{Modelo 1})$$

Dónde:

y_t = Vector de variables endógenas.

y_{t-1} = Vector de valores rezagados de las variables endógenas.

ε_t = Vector innovaciones, proceso ruido blanco de los términos de perturbación de cada variable.

A = Matriz cuadrada $n \times n$, donde n representa el número de variables, conteniendo los parámetros estructurales de las variables endógenas a estimar, en el instante t .

C = Matriz cuadrada $n \times n$, conteniendo las respuestas en el instante t de las variables en relación con innovaciones.

B(L) = Es una matriz polinomial en el operador de rezagos que contiene los parámetros que relacionan a cada variable con los rezagos del resto de las variables y con sus propios rezagos.

La estimación de este modelo presenta dos errores: i) la existencia de simultaneidad, es decir las variables tiene efectos contemporáneos entre ellas y ii) la existencia de autocorrelacion entre los términos de las perturbaciones.

Para evitar estos problemas se transforma el modelo a su forma reducida, conocida como VAR estándar planteado por Perdomo (2002): $y_t = D(L)y_{t-1} + e_t$ (Modelo 2)

Donde $D(L) = A^{-1}B(L)$ y $e_t = A^{-1}C\varepsilon$. Tal como menciona Perdomo (2002), al no haber el problema de simultaneidad entre variables y que cada ecuación cuenta con un conjunto común de regresoras, se puede emplear para la estimación las regresiones de mínimos cuadrados ordinarios. Tal como señala el autor, para usar este modelo es necesario que los residuos e_t sean ruido blanco y normalmente distribuidos. La estimación de un modelo VAR en su forma reducida, proporciona un menor número de parámetros en comparación del que se tendría con un modelo en forma estructural. Por tanto, el proceso de recuperación de los parámetros del modelo en su forma estructural se le conoce como Identidad del modelo VAR.

Sims, citado por Perdomo (2002), propone que el proceso de identificación de un modelo VAR, sea realizada a través de una estructura conocida como descomposición de Cholesky, el cual consiste en ortogonalizar las perturbaciones mediante una descomposición triangular de la matriz de covarianzas. Es decir, se transforma la matriz de varianzas y covarianzas de las perturbaciones estructurales ε_t para que sea diagonal, sin embargo, esta propuesta cuenta con un problema, el cual hace referencia a que los resultados del análisis de impulso respuesta y de descomposición de la varianza, varían dependiendo del orden en que se ingresan las variables al modelo VAR. No obstante, la teoría económica puede ser utilizada para imponer un orden justificado. (Perdomo, 2002)

Siguiendo a Perdomo (2002), para evitar el problema de regresiones espurias en la estimación del VAR en niveles, es necesario utilizar las primeras diferencias para confirmar la no presencia de raíz unitaria. Sin embargo, previo a la estimación del VAR en primeras diferencias, es necesario utilizar el análisis de cointegración para conocer si hay variables que tienen relación de largo plazo (cointegradas), ya que en caso de no ser identificadas y se incorpore al modelo, provocaría que las estimaciones no sean consistentes. Por el contrario, si identifica la existencia de cointegración entre las variables, es necesario estimar un modelo de corrección de errores.

Continuando con Perdomo (2002), para dar mayor consistencia en la interpretación de los resultados de la parte empírica, se asumirán los siguientes supuestos realizado por el autor: i) por lo menos una de las variables que se incluirán en el modelo VAR tiene raíz unitaria en niveles; ii) no existe alguna variable en primeras diferencias que cuenta con raíz unitaria; y iii) no existe variables en niveles que se encuentren cointegradas. Una vez estimado el modelo VAR con todas las condiciones para su validez, se utilizará dos herramientas de simulación i) la Función Impulso Respuesta y ii) la Descomposición de la varianza del error de predicción. La primera representa el efecto que tiene el aumento en una unidad (o en una desviación estándar, según Perdomo (2002)) sobre el conjunto del sistema. Por otro lado, la segunda herramienta nos permite determinar para cada variable durante cada periodo de tiempo, qué porcentaje de las variaciones es debido a sus propios choques y qué porcentaje es a causa de los choques de las demás variables incluidas en el sistema.

3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Las variables que se utilizarán para la estimación del modelo VAR son:

- **Crecimiento económico:** Esta variable será medida por el indicador “Producto Bruto Interno medido en millones de Nuevos Soles del 2007”.
- **Inversión en Infraestructura Pública:** Esta variable será medida por el indicador “Inversión Bruta Fija Pública medido en millones de Nuevos Soles del 2007”.

Es importante mencionar que debido a las limitaciones que el Perú tiene sobre disponibilidad de series estadísticas de inversión en infraestructura pública, se usará como variable *proxy* a la Inversión Bruta Fija Pública, ya que tal como lo define el Banco Central de Reserva, a la inversión en capital físico (incluyendo las inversiones en reposiciones) realizadas por el gobierno y las empresas estatales.

3.4. DATOS Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Para cada variable se utilizarán series anuales que abarcan el periodo 1950 - 2013. Asimismo, la fuente información de los datos se obtendrán a través de las series estadísticas del Banco Central de Reserva del Perú.

3.5. DISEÑO METODOLÓGICO TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

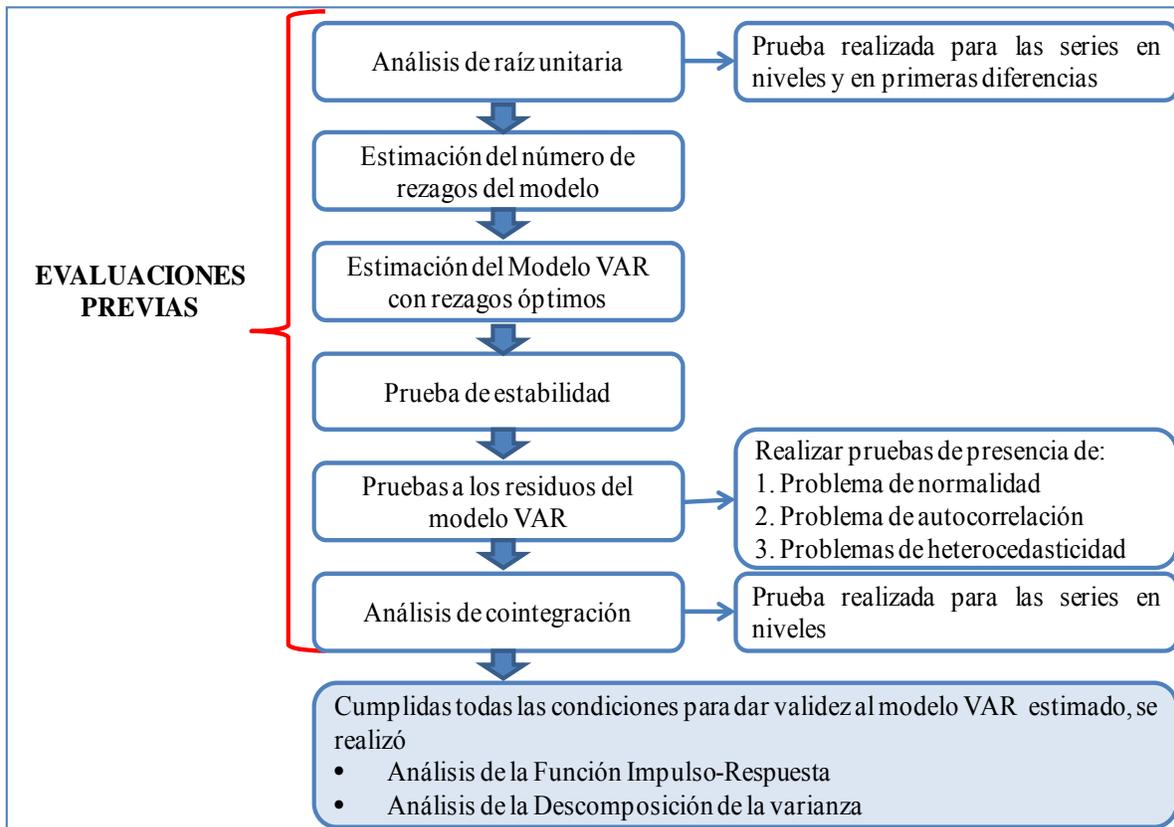
El diseño de la investigación es no experimental longitudinal. Es no experimental porque no existe manipulación intencional de las variables, ya que solo se recurre a la observación del comportamiento de las variables en su estado natural.

Además, la investigación es del tipo longitudinal, ya que realiza el análisis de las variables de estudio durante varios periodos de tiempo, para que a partir de ello, se puedan realizar inferencias sobre su evolución.

3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS PASOS A SEGUIR PARA LA ESTIMACIÓN DEL MODELO VAR

A continuación, se presenta los pasos a seguir y condiciones que debe cumplir el modelo VAR para su validez.

Figura 7: Pasos y condiciones a seguir para la estimación del modelo VAR



Elaboración propia

3.6.1. ANÁLISIS DE RAÍZ UNITARIA

El análisis de raíz unitaria intenta determinar si las series de las variables que se incluirán en el modelo son o no estacionarias. Es importante mencionar que incluir series no estacionarias en un modelo podría causar la existencia de regresiones espurias, lo cual implica que el modelo registra la presencia de relaciones causales entre variables cuando en realidad no existe. (Mahadeva y Robinson, 2009)

Con el objetivo de suavizar las series y evitar la inestabilidad del modelo VAR, se transformará las series originales en niveles de cada variable a series en logaritmo (en niveles).

En base a lo mencionado en el párrafo anterior, el primer paso para determinar si las series son estacionarias, será graficar cada serie en logaritmo (en niveles), para observar la existencia de una tendencia lo cual implicaría la presencia de raíces unitarias.

Las conclusiones obtenidas de los gráficos de las series en niveles, se contrastarán a través de la prueba de Dickey - Fuller Aumentado (ADF) para las series en niveles transformadas a logaritmos.

Para cada variable del sistema, en este caso el logaritmo del Producto Bruto Interno (LPBI) y el logaritmo de la Inversión Bruta Fija Pública (LIBFP), se planteará la siguiente hipótesis:

H₀: La serie es no estacionaria (existe raíz unitaria en la serie)

H₁: La serie es estacionaria

A partir de la hipótesis planteada se realiza la siguiente regla de decisión:

- Si $|\text{test estadístico ADF}| \leq |\text{valor crítico al 1\%, 5\% y 10\%}|$ entonces se Acepta H₀, es decir, la serie es estacionaria.
- Si $|\text{test estadístico ADF}| > |\text{valor crítico al 1\%, 5\% y 10\%}|$ entonces se Rechaza H₀, es decir, la serie es estacionaria.

Si en caso, las series LPBI y LIBFP presentan raíz unitaria, entonces el siguiente paso sería determinar el orden de integración, el cual se refiere a la cantidad de veces que hay que diferenciar la serie hasta convertirla en una serie estacionaria. Si en el caso la serie requiera que solo se le realice la primera diferencia (DLPBI ó DLIBFP), se dirá que es de primer orden, es decir $I(1)$, pero si eso no bastará y se requiera hacer una segunda diferencia será de segundo orden, es decir la serie es de $I(2)$, y así sucesivamente. Por el contrario, si cualquiera de las series en niveles LPBI y LIBFP fueran estacionarias, se dirá que la serie no presenta orden de integración, es decir es $I(0)$.

3.6.2. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE REZAGOS DEL MODELO

La selección del rezago o retardo óptimo en el modelo VAR es muy importante debido a que si se seleccionaría muchos retardos se provocarían que el modelo corra el riesgo de perder grados de libertad y además, se tendrían que estimar un número muy grande de parámetros. Por el contrario, si se escogiese un número muy reducido de retardos, el modelo perdería dinámica o variabilidad.

Para la selección de la longitud de los rezagos, se utilizará los criterios de información de Akaike (AIC), Schwarz (SC), Hanna Quinn (HQ), el predictor final de error (FPE) y la prueba de razón de verosimilitud (LR).

3.6.3. ESTIMACIÓN DEL MODELO VAR CON REZAGOS ÓPTIMOS

Obtenidas las variables cuyas series no presentan problemas de raíz unitaria y además conocido el número de rezagos o retardos que debe incluir el sistema, se procede a estimar el modelo VAR, para posteriormente comprobar la existencia de normalidad y ruido blanco en los residuos y la existencia de no relaciones de cointegración entre las variables en niveles, condiciones necesarias para dar validez al modelo.

Asimismo, para la estimación se deberá considerar la descomposición de Cholesky, la cual implica el ordenamiento de las variables dentro del modelo VAR que va desde la variable menos endógena hasta la de mayor endogeneidad; en ese sentido, tal como lo menciona Perdomo (2002), se podrá utilizar el razonamiento y la teoría económica como criterio para realizar dicho ordenamiento. Al respecto, según el estudio de Erenburg (1994), citado por

Perdomo (2002), se establece una relación de causalidad unidireccional contemporánea que va de la inversión pública hacia el crecimiento económico. Por tal motivo, el ordenamiento será primero con la variable que representa a la inversión en infraestructura pública seguida de la variable que representa al crecimiento económico, es decir:

- Si el VAR se encuentra en niveles: LIBFP seguida de LPBI.
- Si el VAR se encuentra en primeras diferencias: DLIBFP seguida de DLPBI.

3.6.4. PRUEBA DE ESTABILIDAD

Esta prueba consiste en evaluar la Raíz Inversa del Polinomio Autorregresivo del VAR para revisar la estabilidad del modelo estimado.

La prueba se representa a través de una gráfica en la cual, se dice que el modelo estimado cumple con la condición de estabilidad, cuando todos sus valores propios (*eigenvalues*) se encuentran dentro del círculo unitario. Por el contrario, si hubiera un valor propio muy cercano al borde del círculo, indicaría la existencia de un vector de cointegración. (Daza, 2011)

3.6.5. PRUEBAS A LOS RESIDUOS DEL MODELO VAR

Esta prueba busca evaluar que los residuos del modelo VAR estimado, no presenten problemas de normalidad, autocorrelación y heterocedasticidad, condición necesaria para la validez del modelo.

a. PRUEBA DE NORMALIDAD

El objetivo de esta prueba es verificar si los residuos del modelo VAR estimado se encuentran dentro de una distribución normal estándar. Para ello, se utilizará la prueba de Jarque Bera para evaluar el siguiente planteamiento de hipótesis:

H₀: Residuos son normales

H₁: Residuos no son normales

A partir de la hipótesis planteada se realiza la siguiente regla de decisión:

- Si probabilidad de la prueba conjunta (*joint*) ≤ 0.05 (5%), entonces se Rechaza H_0 , es decir, los residuos del modelo presentan problemas de normalidad.
- Si probabilidad de la prueba conjunta (*joint*) > 0.05 (5%), entonces No se Rechaza H_0 , es decir, los residuos del modelo no presentan problemas de normalidad.

b. PRUEBA DE AUTOCORRELACIÓN

El objetivo de esta prueba es verificar la existencia de correlación en los residuos hasta un determinado orden, en este caso el número de rezagos del modelo VAR estimado. Para realizar dicha verificación se utilizará la prueba del Multiplicador de Lagrange (LM) para el evaluar el siguiente planteamiento de hipótesis:

H_0 : Ausencia de autocorrelación hasta el retardo de orden h

H_1 : Hay autocorrelación hasta el retardo de orden h

A partir de la hipótesis planteada, se realiza la siguiente regla de decisión:

- Si probabilidad del retardo $h \leq 0.05$ (5%), entonces se Rechaza H_0 , es decir, los residuos del modelo presentan problemas de autocorrelación
- Si probabilidad del retardo $h > 0.05$ (5%), entonces No se Rechaza H_0 , es decir, los residuos del modelo no presentan problemas de autocorrelación

c. PRUEBA DE HETEROCEDASTICIDAD

El objetivo de esta prueba es verificar que los residuos del modelo VAR estimado tengan la misma varianza. Para realizar dicho contraste se utilizará la prueba de Heterocedasticidad de White, para evaluar el siguiente planteamiento de hipótesis:

H_0 : Residuos homocedásticos

H_1 : Residuos heterocedásticos

A partir de la hipótesis planteada se realiza la siguiente regla de decisión:

- Si probabilidad de la prueba conjunta (*joint*) ≤ 0.05 (5%), entonces se Rechaza H_0 , es decir, los residuos del modelo presentan problemas de heterocedasticidad
- Si probabilidad de la prueba conjunta (*joint*) > 0.05 (5%), entonces No se Rechaza H_0 , es decir, los residuos del modelo son homocedásticos.

3.6.6. ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN

Para las series en niveles (LPBI y LIBFP) que presentaron raíz unitaria, se realizará el presente análisis con el objetivo de verificar la presencia de relaciones de cointegración entre ellas. De encontrarse al menos una relación de cointegración entre las variables en mención, se le aplicaría un mecanismo de corrección de errores al modelo VAR en primeras diferencias, es decir, el modelo adecuado a estimar sería un Vector Corrector de Errores (VEC). (Perdomo, 2002). El contraste de Johansen, utiliza la prueba de Traza y la prueba de Máximo Valor Propio para determinar el número de vectores de cointegración. Es importante mencionar que ambas pruebas deben reflejar los mismos resultados para dar una conclusión generalizada. La prueba de Johansen se realiza a partir del siguiente planteamiento de hipótesis para el caso de ninguna relación de cointegración (NONE):

H_0 : No existen vectores de cointegración

H_1 : Existe un vector de cointegración

A partir de la hipótesis planteada se realiza la siguiente regla de decisión:

- Si el estadístico de Traza o el Máximo Valor Propio $>$ Valor crítico al 5% y 1%, entonces se Rechaza H_0 , es decir, las variables LPBI y LIBFP se encuentran cointegradas.
- Si el estadístico de Traza o el Máximo Valor Propio $<$ Valor crítico al 5% y 1%, entonces se No se Rechaza H_0 , es decir, No existe vectores de cointegración entre las variables LPBI y LIBFP

Es importante mencionar que lo que se desea, es que no existan vectores de cointegración en el modelo VAR estimado.

3.6.7. ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN IMPULSO – RESPUESTA Y DESCOMPOSICIÓN DE LA VARIANZA

Una vez demostrado que el modelo VAR cumple con todas las características necesarias para su validez, se podrá realizar el Análisis de la Función Impulso – Respuesta y Descomposición de la varianza, los cuales se detalla a continuación:

a. ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN IMPULSO – RESPUESTA

El análisis de la función Impulso - Respuesta es una aplicación del modelo VAR, la cual busca simular el comportamiento o respuesta de una variable debido a los choques o innovaciones producidos por otra variable.

En el caso que las variables LPBI y LIBFP hayan presentado raíz unitaria, se utilizará el modelo VAR estimado con dichas variables en primeras diferencias, es decir, DLPBI y DLIBFP. Al respecto, es importante mencionar que tal como lo menciona Perdomo (2002), la diferencia logarítmica de una variable es igual a su tasa de crecimiento, por lo tanto, la utilidad de este modelo sirve para mostrar la variabilidad o el comportamiento dinámico de la tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno (DLPBI) producido por el impacto de una innovación (o choque) de una desviación estándar de la tasa de crecimiento de la Inversión Bruta Fija Pública (DLIBFP).

b. ANÁLISIS DE DESCOMPOSICIÓN DE LA VARIANZA

En análisis de descomposición de la varianza del error es otra importante aplicación del modelo VAR, a través de una simulación determina el porcentaje de variabilidad o la importancia relativa de una variable sobre otras contenidas en modelo y sobre su propia variabilidad.

Igual que en caso de la Función Impulso – Respuesta, en el caso que las variables LPBI y LIBFP hayan presentado raíz unitaria, se utilizará el modelo VAR estimado en primeras diferencias, es decir, se usaran las variables DLPBI y DLIBFP.

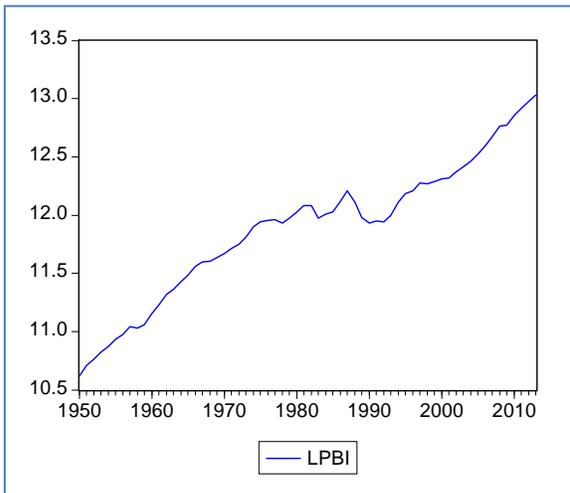
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RAÍZ UNITARIA

En la Figura 8, se aprecia los gráficos de las series en logaritmos del Producto Bruto Interno y la Inversión Bruta Fija Pública. En ellas se aprecia que ambas series presentan tendencia, lo cual implicaría la presencia de raíz unitaria.

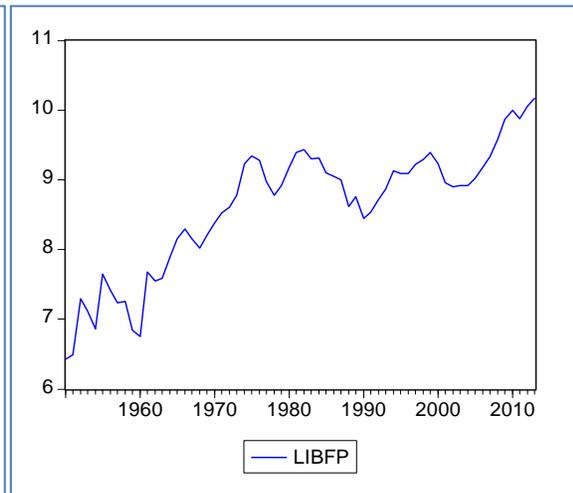
Figura 8: Gráficos de las series en logaritmo

a) Logaritmo del PBI (LPBI)



Elaboración propia

b) Logaritmo de la Inversión Bruta Fija Pública (LIBFP)



Elaboración propia

Para corroborar las conclusiones obtenidas de los gráficos presentados, se realizará la prueba de raíz unitaria a las series en logaritmo (niveles) y en primeras diferencias a través de la prueba de Dickey -Fuller Aumentado (ADF), con el objetivo de determinar el orden de integración de las variables a incluirse en el modelo VAR.

En el siguiente cuadro, se muestra las conclusiones del Test de ADF para las series en niveles (con tendencia e intercepto) y en primeras diferencias (con intercepto) para un nivel de confianza de 1%, 5% y 10%. Es importante que en los ANEXO 4 y ANEXO 5, se detallan los resultados econométricos del programa utilizado.

Cuadro 6: Conclusiones del Test ADF realizada a las variables

Variable	Niveles (Con tendencia e intercepto)	Primeras diferencias (Con intercepto)
LPBI	Orden de integración: I(1). Conclusión: No es estacionaria.	Orden de integración: I(0). Conclusión: Es estacionaria.
LIBFP	Orden de integración: I(1). Conclusión: No es estacionaria.	Orden de integración: I(0). Conclusión: Es estacionaria.

Elaboración propia

Del cuadro anterior, se concluye que las variables en niveles son series no estacionarias (presenta raíz unitaria), mientras que en primera diferencia son series estacionarias (no presenta raíz unitaria), por lo cual se trabajó con estas últimas para realizar la estimación del modelo VAR.

4.2. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE REZAGOS DEL MODELO

En el siguiente cuadro, se puede apreciar que existe un criterio que considera que no deben existir rezagos en el sistema (SC), dos criterios que considera que deben incluirse un rezago (LR y HQ) y otros dos que considera que deben ser dos rezagos (AIC y FPE). Por tal motivo, se consideró que con el objetivo de capturar la mayor dinámica del modelo, se incluyan dos retardos.

Cuadro 7: Resultados de la prueba de longitud de rezagos

Variables endógenas: DLIBFP DLPBI						
Variables exógenas: C						
Fecha: 04/29/15 Hora: 08:14						
muestra: 1950 2013						
Observaciones incluidas: 60						
Rezago	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	102.9562	NA	0.000118	-3.365207	-3.295395*	-3.337900
1	109.7587	12.92468*	0.000108	-3.458622	-3.249188	-3.376701*
2	114.1106	7.978531	0.000107*	-3.470353*	-3.121296	-3.333818
3	116.3443	3.946198	0.000113	-3.411476	-2.922796	-3.220327

* Indican el orden del retardo seleccionado por Criterio

LR: Prueba de razón de verosimilitud

FPE: Predicción Final del Error

AIC: Criterio de Información de Akaike

SC: Criterio de Información de Schwarz

HQ: Criterio de Información de Hannan Quinn

Elaboración propia

4.3. ESTIMACIÓN DEL MODELO VAR CON REZAGOS ÓPTIMOS

Una vez conocidos el número de rezagos que contendrá el modelo VAR, se incluyó en el sistema para la realización de su estimación, del cual el programa econométrico Eviews dio las siguientes ecuaciones:

$$DLIBFP_t = -0.143249018 * DLIBFP_{t-1} - 0.2706290029 * DLIBFP_{t-2} + 1.418132974 * DLPBI_{t-1} + 0.3919475893 * DLPBI_{t-2} + 0.00338951034$$

$$DLPBI_t = 0.0281828696 * DLIBFP_{t-1} + 0.01073331414 * DLIBFP_{t-2} + 0.4439405987 * DLPBI_{t-1} - 0.1997994402 * DLPBI_{t-2} + 0.02591283969$$

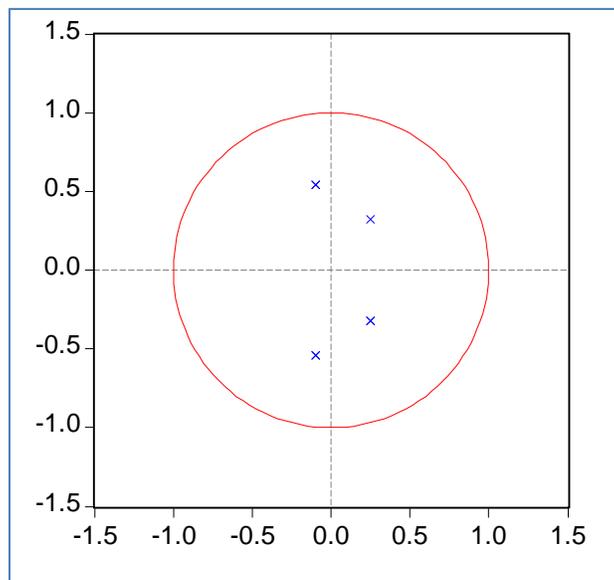
Los resultados obtenidos del modelo VAR se detallan en el ANEXO 6. Es importante mencionar que no es importante mostrar los resultados del Modelo VAR, debido a la dificultad que se tiene al interpretar sus coeficientes y estimadores. Asimismo, la riqueza

del modelo se encuentra en la utilización de herramientas de simulación que aplicarán una vez demostrado que dicho modelo cumple las condiciones de estabilidad, residuos ruido blanco y sin problemas de normalidad, así como también que no exista cointegración entre las variables en niveles.

4.4. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ESTABILIDAD

De la Figura 9, se puede apreciar que las Raíces Inversas del Polinomio Autorregresivos del VAR se encuentran dentro del círculo unitario, por lo cual se demuestra que el modelo cumple con la condición de estabilidad, descartando la existencia de raíces unitarias en las series del modelo.

Figura 9: Raíces inversas de los polinomios AR característicos



Elaboración propia

La importancia de la condición de estabilidad, es garantizar que los resultados de la función impulso respuesta sean convergentes y con un comportamiento no explosivo. (Daza, 2011)

4.5. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A LOS RESIDUOS DEL MODELO VAR

En el cuadro 8, se muestra el resultado de las pruebas realizadas a los residuos del modelo VAR, las cuales se detallan en el ANEXO 7. Se aprecia que los residuos no tienen problemas de normalidad, autocorrelación y heterocedasticidad.

Cuadro 8: Resultado del análisis de los residuos

Tipo de Test o Prueba	Probabilidad	Conclusión
Test de Jarque - Bera	0.1388	La probabilidad del test es mayor a 0.05 (5%), por tanto no se rechaza H_0 : Residuos son normales, es decir, no existe problemas de normalidad.
Prueba de multiplicador de lagrange	0.9400	La probabilidad de la prueba es mayor a 0.05 (5%), por tanto no se rechaza H_0 : Ausencia de autocorrelación, es decir, no existe problemas de autocorrelación.
Test de White	0.0838	La probabilidad del test es mayor a 0.05 (5%), por tanto por tanto no se rechaza H_0 : la varianza de los errores es homocedásticos, es decir, no existe problemas de heterocedasticidad.

Elaboración propia

4.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN

Dado que las series en niveles, logaritmo del Producto Bruto Interno (LPBI) y logaritmo de la Inversión Bruta Fija Pública (LIBFP), presentaron raíz unitarias, se le aplicará esta prueba para conocer la necesidad de incorporarle un mecanismo de corrección de errores al modelo VAR.

En el ANEXO 8, se muestra la prueba de cointegración de Johansen, en la cual la prueba de Traza y la prueba del Máximo Valor Propio concluyen que no existen relaciones de cointegración entre las variables estudiadas, por lo cual no es necesario incluir en nuestro modelo VAR un mecanismo de corrección de errores.

Cuadro 9: Resumen del test de cointegración de Johansen (sistema LIBFP – LPBI)

Tipo de tendencia	Prueba de Traza		Prueba Máximo Valor Propio	
	Valor Crítico 5%	Valor Crítico 1%	Valor Crítico 5%	Valor Crítico 1%
Tendencia determinista lineal en los datos (Intercepto no tendencia)	7.649594 < 15.41 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración	7.649594 < 20.04 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración	7.348560 < 14.07 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración	7.348560 < 18.63 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración
Tendencia determinista lineal en los datos (no tendencia)	12.88325 < 25.32 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración	12.88325 < 30.45 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración	8.511798 < 18.96 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración	8.511798 < 23.65 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración
Tendencia determinista cuadrática en los datos (tendencia lineal)	12.87702 < 18.17 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración	12.87702 < 23.46 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración	8.511292 < 16.87 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración	8.511292 < 21.47 Se acepta H ₀ , no hay vectores de cointegración

Elaboración propia

4.7. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA FUNCIÓN DE IMPULSO – RESPUESTA

En la Cuadro 10 y Figura 10, se muestra la respuesta de la tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno (DLPBI) ante un *shock* en una desviación estándar de la tasa de crecimiento de la Inversión Bruta Fija Pública (DLIBFP). Esto proporciona un aumento en el primer año de 0.0145 unidades, seguido de una caída hasta el cuarto año con un valor de -0.001549. Posteriormente sufre un efecto positivo hasta el sexto año en la que vuelve a su nivel de equilibrio.

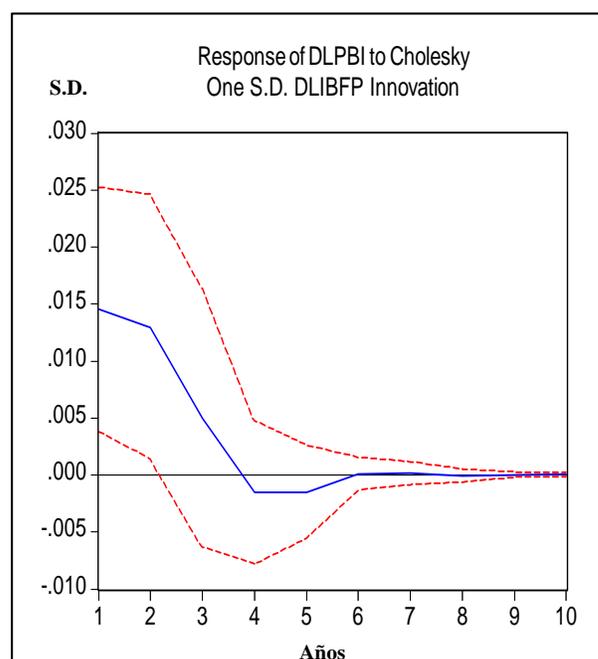
Cuadro 10: Respuesta de la DLPBI ante el DLPBI

Respuesta de DLPBI:			
Periodo	DLIBFP	Periodo	DLIBFP
1	0.014500 (0.00537)	6	6.08E-05 (0.00072)
2	0.012969 (0.00581)	7	0.000134 (0.00050)
3	0.004992 (0.00568)	8	-8.04E-05 (0.00029)
4	-0.001549 (0.00316)	9	8.07E-06 (0.00013)
5	-0.001492 (0.00204)	10	4.47E-05 (8.3E-05)

Orden de Cholesky: DLIBFP DLPBI
Standard Errors: Analytic

Elaboración propia

Figura 10: Respuesta de la DLPBI ante el DLPBI



Elaboración propia

De los resultados mostrados, se puede apreciar que los efectos de la tasa de crecimiento de la Inversión Bruta Fija Pública sobre la tasa de crecimiento del PBI han durado seis años aproximadamente. Éste resultado implica que, para que exista un crecimiento continuo del PBI⁶, el gobierno debe de inyectar en la economía del país flujos continuos de inversión en infraestructura pública, de lo contrario, de no realizar este tipo de inversión, dentro de aproximadamente seis años se empezará a desacelerar la actividad económica en nuestro país.

Asimismo, de los resultados obtenidos también se puede inferir que, en base a la información estadística utilizada, el modelo econométrico planteado solo ha podido reflejar en mayor medida el *efecto de acceso*⁷ que el *efecto de uso*⁸ que tiene la inversión en infraestructura de servicios públicos sobre la actividad económica del Perú.

⁶ tomado en consideración que las demás variables impactan en el crecimiento (consumo privado, inversión extranjera directa, importaciones, exportaciones, etc.) se encuentran en condición de *Ceteris paribus*.

⁷ Según Vásquez y Bendezú, (2008), se define como <<el impacto inicial que el acceso a nueva infraestructura en la economía genera sobre el crecimiento>>.

Al respecto del *efecto de acceso*, se puede mencionar que de acuerdo a Groote, Jacobs y Sturm, citado por Vásquez y Bendejú, (2008), el efecto inicial positivo del DLPBI puede ser causado por tres procesos subyacentes. El primero está vinculado con efectos en cadena hacia delante debido a la reducción de costos que sufren los agentes al utilizar la infraestructura pública. El segundo está vinculado a los efectos hacia atrás debido al aumento de demanda de trabajo, de insumos y maquinaria para la construcción de nuevas infraestructuras, lo que genera ingresos adicionales que incentivan el crecimiento.

Sin embargo, existe un tercer proceso que declina el crecimiento económico debido a la existencia de a) la presencia de indivisibilidades en la infraestructura, lo que provoca periodos de sobre capacidad en los servicios, b) rendimientos marginales decrecientes que ocasiona que otros sectores dejen de recibir externalidades positivas y c) los costos de adaptación de los agentes económicos, debido al incremento del acervo de infraestructura en la economía. Esto contrarresta el impacto positivo inicial, lo que puede hacer converger a la tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno a su nivel de equilibrio⁹.

Por otro lado, el modelo planteado podría reflejar un mayor impacto y dinámica en el largo plazo¹⁰, es decir reflejar el *efecto de uso*, en la medida que:

- Se incorpore adicionalmente a la inversión infraestructura pública, el efecto de la inversión realizada por el sector privado, a través de las asociaciones público-privado en la implementación de proyectos de gran envergadura.
- Se pueda desagregar la inversión infraestructura pública a nivel sectorial, de tal forma que se pueda conocer cuáles son los sectores en donde el gasto realizado por el estado en la provisión de infraestructura de servicios público genera mayor rentabilidad y crecimiento económico para el Perú en el largo plazo.

⁸ Según Vásquez y Bendejú, (2008), se puede definir como los efectos positivos en el largo plazo que se dan cuando las actividades privadas incrementan su rentabilidad, debido al aprovechamiento y explotación de las mejoras realizadas en el entorno económico - geográfico y las externalidad positivas derivadas por la implementación de nueva infraestructura.

⁹ Véase David (1990), citado por Vásquez y Bendejú, (2008).

¹⁰ Para ello se requiere que se superen las limitaciones actuales de disponibilidad de información para el caso peruano que permita estudiar el efecto en el largo plazo.

4.8. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LA VARIANZA

Se puede observar en el siguiente cuadro que, la tasa de crecimiento del PBI es la fuerza dominante de su propia dinámica, con un porcentaje promedio de 83.6 por ciento mientras que la tasa de crecimiento de la Inversión Bruta Fija Pública representa en promedio un 16.4 por ciento.

Cuadro 11: Descomposición de la varianza para el DLPBI

Periodo	Desviación Estándar	DLIBFP	DLPBI
1	0.231757	11.27790	88.72210
2	0.239160	16.04614	83.95386
3	0.244258	16.90755	83.09245
4	0.245400	16.97753	83.02247
5	0.245650	17.04943	82.95057
6	0.245840	17.04792	82.95208
7	0.245844	17.04852	82.95148
8	0.245863	17.04864	82.95136
9	0.245863	17.04863	82.95137
10	0.245865	17.04869	82.95131
Promedio		16.35010	83.64991
Orden de Cholesky: DLIBFP DLPBI			

Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

A continuación se detallan las conclusiones obtenidas del presente trabajo de investigación:

1. La inversión en infraestructura pública impacta positivamente sobre el crecimiento económico de Perú, a partir de las evidencias extraídas de un Modelo de Vectores Autorregresivos.
2. El impacto sobre la tasa de crecimiento de la economía tiene una duración significativa de seis años, debido a la presencia de un impulso en la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructura pública.
3. El 16.4 por ciento de las variaciones en el tiempo de la tasa del crecimiento de la economía es atribuible a los choques producidos por la tasa de crecimiento de la inversión en infraestructura pública.
4. Según el Banco Central de Reserva del Perú, en el año 2013 la Inversión Bruta Fija nominal representó el 26.6 por ciento del Producto Bruto Interno.
5. A partir de las estadísticas del Banco Central de Reserva del Perú del Producto Bruto Interno y la Inversión Bruta Fija Pública¹¹, se supo que entre los años 1950 y 2013, la tasa de crecimiento promedio anual del Producto Bruto Interno fue de 4.0 por ciento mientras que la tasa de crecimiento promedio anual de la Inversión Bruta Fija Pública fue de 9.9 por ciento.

¹¹ Ambos indicadores están medidos en millones de Nuevos Soles con año base 2007

VI. RECOMENDACIONES

Con el objetivo de enriquecer y complementar la tesis, se recomienda que en la medida que el Perú disponga de series estadísticas de inversión en infraestructura (pública y privada) más largas y de mayor variedad, se realicen futuras investigaciones, utilizando el Modelo VAR y otras metodologías, que abarque temas como:

- Conocer en qué tipos de sectores (comunicaciones, saneamiento, energía, etc.) la inversión pública ofrece mayor rentabilidad económica al país, de tal forma que se pueda reasignar de manera más eficiente nuestra cartera de inversiones y se puedan obtener impacto en la actividad económica de mayor durabilidad.
- Analizar de manera conjunta, el impacto sobre crecimiento económico del Perú debido a la inversión en infraestructura de servicios públicos, ofrecidos por el gobierno y el sector privado, a través de las asociaciones públicas privadas (APP) en la implementación de proyectos de gran envergadura.
- Determinar para el caso peruano, hasta qué nivel de inversión, el gasto en infraestructura de servicios públicos deja de complementarse con el sector privado (al elevar la productividad de sus factores y reducir sus costos operación y mantenimiento) y empieza a generar un efecto de desplazamiento de la inversión privada, lo cual afectaría al crecimiento económico del país.
- Contrastar esta misma investigación utilizando el monto de ejecución de proyectos de inversión pública en remplazo de la Inversión Bruta Fija Pública como indicador de la inversión en infraestructura pública, con el objetivo de evaluar si los proyectos enmarcados en el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), está impactando en el crecimiento del Producto Bruto Interno del Perú.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFIN (Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional, PE). 2012. Por un Perú Integrado: Plan Nacional de Infraestructura 2012 - 2021. Lima. p 3.
2. Aparicio C; Jaramillo M; San Román C. 2011. Desarrollo de la infraestructura y reducción de la pobreza: el caso peruano. Lima. Consorcio de Investigación Económica y Social. p 15,19.
3. Aschauer, D. 1989. Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*. 23(2): 177-200.
4. BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2000. Un nuevo impulso para la integración de la infraestructura regional en América del Sur (en línea) p 13-14. Consultado el 09 de dic. 2014. Disponible en:

<http://publications.iadb.org/handle/11319/3765?locale-attribute=es>
5. Berndt, E; Hansson, B. 1991. Measuring the contribution of public infrastructure capital in Sweden. Cambridge. 1-39 p. (The National Bureau of Economic Research Working Papers Series. No. 3842)
6. Calderón, C; Servén L. 2004. The effects of infrastructure development on growth and income distribution. Santiago de Chile. Banco Central de Chile 1-26 p. (Serie Documentos de trabajo Banco Central de Chile N° 270)
7. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CL.) 2014. Base de datos de inversiones en infraestructura económica en América Latina y el Caribe, 1980-2012. Santiago de Chile. p 32.
8. Cullison W. 1993. Public investment and economic growth. *Federal Reserve Bank of Richmond Economic Quarterly*. 79(4):19-34

9. Daza A. 2011. ¿Cómo reacciona la estructura temporal de los tipos de interés a los anuncios macroeconómicos? Análisis para Colombia periodo 2005 – 2010. Universidad del Valle. Santiago de Cali. 24-25 p.
10. De Mattos. C. (1999) Teorías del crecimiento endógeno: lectura desde los territorios de la periferia. p. 191. Consultado 22 jun. 2015. Disponible en <http://www.revistas.usp.br/eav/article/viewFile/9482/11051>
11. ESAN (Universidad ESAN, PE). 2010. Inversión en Infraestructura en el Perú. Impacto y alternativas. Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional, PE. 20-23 p.
12. FIEL (Fundaciones de investigaciones económicas latinoamericanas, AR). 1998. Argentina: Infraestructura, ciclo y crecimiento. Buenos Aires. 34-38 p.
13. Gerald, A. 2007. Introducción a los modelos de crecimiento económico exógeno y endógeno. 7 - 534 p. Consultado 22 jun. 2015. Disponible en <https://merigg.files.wordpress.com/2010/12/introduccion-a-los-modelos-de-crecimiento-econoc3b3mico-exc3b3geno.pdf>
14. Guzmán G. s.f. Las fuentes endógenas del crecimiento económico. MX. Universidad Autonoma Metropolitana Iztapalapa. p. 52
15. Jiménez F. 2010. Elementos de teoría y política macroeconómica para una economía abierta. PE. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. 527-529 p.
16. Lardé J; Sanchez R. 2014. La brecha de infraestructura económica y las inversiones en América Latina. Boletín FAL de la CEPAL. 332(4):1-8.
17. Lopez R. 2010. Análisis de la inversión pública por sectores en el crecimiento y desarrollo económico de Bolivia para el periodo 1988 – 2008. Tesis. Bolivia. Universidad Técnica de Oruro.

18. Mahadeva L; Robinson P. 2009. Prueba de raíz unitaria para ayudar a la construcción de un modelo. México. D.F. Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos. 3 p (serie de ensayos N° 76)
19. Perdomo, A. 2002. Inversión pública sectorial y crecimiento económico: una aproximación desde la metodología VAR. Bogotá D. C., CO. 7-29 p. (Serie Archivos de Economía documento 208)
20. Perrotti, D; Sánchez, R. 2011. La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. CEPAL. 31 p. (Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 153)
21. Prud'homme, R. 2005. Infrastructure and development. Washington, D.C. The World Bank and Oxford University Press. 17-18 p.
22. Rivera, J; Toledo P. 2004. Efectos de la infraestructura pública sobre el crecimiento de la economía, evidencia para Chile. Revista Estudios de economía de la Universidad de Chile. 31(1): 21-39.
23. Roca Sagalés, O; Pereira, A. 1998. Impacto de la inversión en infraestructuras sobre el producto, la ocupación y la inversión privada en España. Revista Española de Economía 15(3): 407-430
24. Rozas, P; Sánchez, R. 2004. Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual. Santiago de Chile. CEPAL (Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 75). 7-12, 40 p.
25. Sachs, J; Larraín B. 1994. Macroeconomía en la economía global. 1 ed. Trad. R Muñoz. Naucalpan de Juarez, MX. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 557-562 p.
26. Straub, S. 2008. Infrastructure and growth in developing countries: recent advances and research challenges. Washington, DC. World Bank. 7-9 p. (Policy Research Working Paper 4460)

27. Urcullo, G; Valdés, O; Bravo, S. 2014. Relación entre inversión pública e inversión privada en Chile 1996-2012. CL. Ministerio de Desarrollo Social, CL. 1-20 p.
28. Urrunaga R; Aparicio C. 2012. Infraestructura y crecimiento económico en el Perú. Revista CEPAL N° 107: 160, 171-176.
29. Vásquez, A; 2004. Los vínculos entre el crecimiento económico y la infraestructura eléctrica en el Perú, 1940 – 2000. Lima. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía. 3-5, 82-87 p. (Documento de trabajo N° 17)
30. Vásquez, A; Bendezú L. 2008. Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú. Lima. Consorcio de Investigación Económica y Social. p 11-12, 18-20, 161-168.
31. Villca, E. 2014. La inversión pública y el crecimiento económico en Bolivia: 1990-2012. Un Análisis Con Datos De Panel. Tesis Lic. Econ. Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. p 1-84.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Aplicación del modelo VAR diversos estudios macroeconómicos

- Arenas, G; Blando, AG. 2015. Ley de Thirlwall y tipo de cambio: Un análisis empírico para la economía mexicana de 2003 a 2012, mediante la metodología del modelo SVAR cointegrado Nóesis. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 24(47): 270-29.
- Rodríguez, CA. 2005. Efectos reales del dinero anticipado y no anticipado: la metodología de Barro en un modelo de vectores autorregresivos y multicointegración para la economía mexicana, 1980-1999. *Investigación Económica*, 64(251): 85-110.
- Daza, A. 2011. ¿Cómo reacciona la estructura temporal de los tipos de interés a los anuncios macroeconómicos? Análisis para Colombia periodo 2005 – 2010. Tesis Lic. Econ. Colombia. Universidad del Valle. 1-38 p.
- Tenorio, D. 2005. Impacto de la inflación sobre el crecimiento económico: el caso peruano 1951-2002. *Revista de la facultad de ciencias económicas de la UNMSM*. 10(28): 187-200
- Vidal, P. 2008. Política monetaria en Cuba: Estimación con un modelo VAR estructural. Centro de Estudios de la Economía Cubana. Universidad de La Habana. 85-102 p.
- Arias, E; Torres C. 2004. Modelos VAR y VECM para el pronóstico de corto plazo de las importaciones de Costa Rica. Banco Central de Costa Rica. 1-30 p

ANEXO 2: Base de datos

Año	PBI (mill. S/. de 2007)	Inversión Bruta Fija Pública (mill. S/. de 2007)
1950	40920	619.8538179
1951	44711	655.8053393
1952	47347	1467.692349
1953	50085	1225.523112
1954	52762	959.5845965
1955	55858	2102.449851
1956	58484	1663.037832
1957	62371	1383.647476
1958	61706	1422.389606
1959	63653	940.1995293
1960	69946	856.5217712
1961	75085	2157.578342
1962	82620	1902.984097
1963	86196	1971.491525
1964	91840	2677.285491
1965	97003	3464.407425
1966	104995	4001.390576
1967	109040	3457.201458
1968	109206	3059.62329
1969	113044	3640.951715
1970	116849	4372.78301
1971	122213	5050.564376
1972	126463	5489.963477
1973	134401	6478.156903
1974	147017	10170.70634
1975	153340	11381.02039
1976	155559	10732.30223
1977	156102	7866.777534
1978	151977	6513.691798
1979	158194	7432.122342
1980	167596	9677.505699
1981	176901	12045.35541
1982	176507	12474.99999
1983	158136	10982.53774
1984	163842	11065.08324
1985	167219	8937.337101

<<Continuación>>

Año	PBI (mill. S/. de 2007)	Inversión Bruta Fija Pública (mill. S/. de 2007)
1986	182981	8522.626605
1987	200778	8111.871435
1988	181822	5518.400664
1989	159436	6375.730662
1990	151492	4663.895525
1991	154854	5072.597001
1992	154017	6095.64838
1993	162093	7112.569398
1994	182043.615	9264.29538
1995	195536.0233	8857.399164
1996	201009.3065	8872.067447
1997	214028.2814	10147.60837
1998	213189.9107	10861.42667
1999	216376.8081	12006.42955
2000	222206.6724	10202.48205
2001	223579.5343	7794.063177
2002	235773.0358	7312.852863
2003	245592.6304	7478.710318
2004	257769.7965	7466.51556
2005	273971.0718	8224.449067
2006	294597.852	9664.764626
2007	319692.999	11321.71642
2008	348923.0037	14482.30323
2009	352584.0168	19240.84663
2010	382379.9996	21982.44836
2011	407051.9831	19513.01765
2012	431272.9859	23244.90693
2013	456214.4018	26062.72469

Fuente: Series estadísticas BCRP

ANEXO 3: Gráficos de las series en primera diferencia

Figura a: Gráfico de la primera diferencia del logaritmo de la Inversion Bruta Fija Pública (DLIBFP)

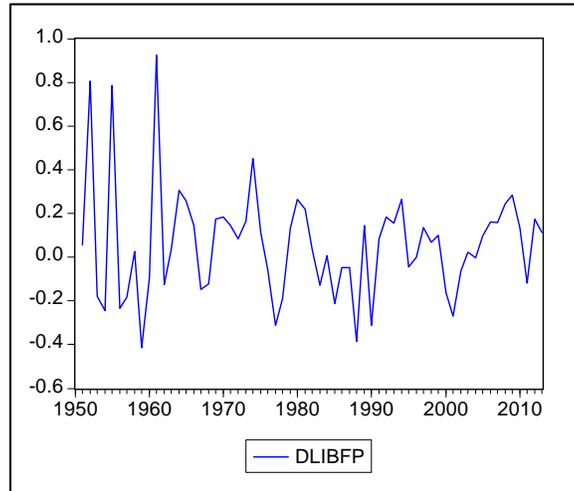
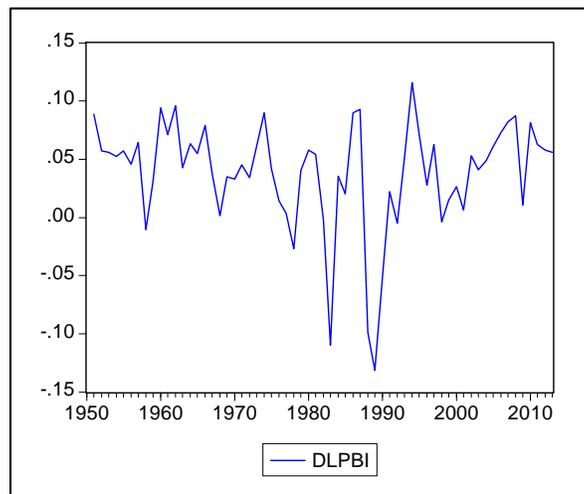


Figura b: Gráfico de la primera diferencia del logaritmo del Producto Bruto Interno (DLPBI)



ANEXO 4: Resultado de la Prueba de Raíz unitaria para las series en niveles

Cuadro a: Resultado de las Prueba de Dickey - Fuller Aumentado (con tendencia e intercepto) para el logaritmo del Producto Bruto Interno (LPBI)

ADF Test Statistic	-1.823618	1% Critical Value*	-4.1135	
		5% Critical Value	-3.4836	
		10% Critical Value	-3.1696	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LPBI)				
Method: Least Squares				
Date: 04/28/15 Time: 16:20				
Sample(adjusted): 1953 2013				
Included observations: 61 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LPBI(-1)	-0.069123	0.037904	-1.823618	0.0735
D(LPBI(-1))	0.501333	0.128047	3.915220	0.0002
D(LPBI(-2))	-0.128070	0.129432	-0.989481	0.3267
C	0.779442	0.412848	1.887965	0.0642
@TREND(1950)	0.002023	0.001181	1.713693	0.0921
R-squared	0.247695	Mean dependent var	0.037139	
Adjusted R-squared	0.193959	S.D. dependent var	0.047350	
S.E. of regression	0.042510	Akaike info criterion	-3.399721	
Sum squared resid	0.101200	Schwarz criterion	-3.226698	
Log likelihood	108.6915	F-statistic	4.609477	
Durbin-Watson stat	2.001531	Prob(F-statistic)	0.002745	

Cuadro b: Resultado de las Prueba de Dickey - Fuller Aumentado (con tendencia e intercepto) para el logaritmo de la Inversión Bruta Fija Pública (LIBFP)

ADF Test Statistic	-1.768444	1% Critical Value*	-4.1135	
		5% Critical Value	-3.4836	
		10% Critical Value	-3.1696	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LIBFP)				
Method: Least Squares				
Date: 04/28/15 Time: 17:05				
Sample(adjusted): 1953 2013				
Included observations: 61 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LIBFP(-1)	-0.127392	0.072036	-1.768444	0.0824
D(LIBFP(-1))	0.014078	0.122366	0.115050	0.9088
D(LIBFP(-2))	-0.131194	0.122062	-1.074816	0.2871
C	0.988745	0.527884	1.873036	0.0663
@TREND(1950)	0.005051	0.003383	1.493299	0.1410
R-squared	0.089202	Mean dependent var	0.047161	
Adjusted R-squared	0.024145	S.D. dependent var	0.238741	
S.E. of regression	0.235841	Akaike info criterion	0.027098	
Sum squared resid	3.114786	Schwarz criterion	0.200121	
Log likelihood	4.173504	F-statistic	1.371130	
Durbin-Watson stat	1.791769	Prob(F-statistic)	0.255622	

**ANEXO 5: Resultado de la Prueba de Raíz unitaria para las series en primera
diferencia**

**Cuadro a: Resultado de las Prueba de Dickey - Fuller Aumentado (con intercepto)
para la primera diferencia del logaritmo del Producto Bruto Interno (DLPBI)**

ADF Test Statistic	-4.280180	1% Critical Value*	-3.5417	
		5% Critical Value	-2.9101	
		10% Critical Value	-2.5923	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LPBI,2)				
Method: Least Squares				
Date: 04/28/15 Time: 16:43				
Sample(adjusted): 1954 2013				
Included observations: 60 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LPBI(-1))	-0.715606	0.167191	-4.280180	0.0001
D(LPBI(-1),2)	0.201711	0.147245	1.369903	0.1762
D(LPBI(-2),2)	0.052908	0.132422	0.399540	0.6910
C	0.026370	0.008367	3.151735	0.0026
R-squared	0.313043	Mean dependent var	5.85E-08	
Adjusted R-squared	0.276242	S.D. dependent var	0.051293	
S.E. of regression	0.043637	Akaike info criterion	-3.361469	
Sum squared resid	0.106636	Schwarz criterion	-3.221846	
Log likelihood	104.8441	F-statistic	8.506312	
Durbin-Watson stat	2.008800	Prob(F-statistic)	0.000095	

**Cuadro b: Resultado de las Prueba de Dickey - Fuller Aumentado (con intercepto)
para la primera diferencia del logaritmo la Inversión Bruta Fija Pública (DLIBFP)**

ADF Test Statistic	-3.914587	1% Critical Value*	-3.5417	
		5% Critical Value	-2.9101	
		10% Critical Value	-2.5923	
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LIBFP,2)				
Method: Least Squares				
Date: 04/28/15 Time: 17:06				
Sample(adjusted): 1954 2013				
Included observations: 60 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LIBFP(-1))	-0.902472	0.230541	-3.914587	0.0002
D(LIBFP(-1),2)	-0.047391	0.171159	-0.276882	0.7829
D(LIBFP(-2),2)	-0.216866	0.120116	-1.805463	0.0764
C	0.045330	0.032641	1.388747	0.1704
R-squared	0.542330	Mean dependent var	0.004912	
Adjusted R-squared	0.517812	S.D. dependent var	0.336837	
S.E. of regression	0.233899	Akaike info criterion	-0.003514	
Sum squared resid	3.063690	Schwarz criterion	0.136109	
Log likelihood	4.105419	F-statistic	22.11963	
Durbin-Watson stat	1.879846	Prob(F-statistic)	0.000000	

ANEXO 6: Modelo VAR con 2 rezagos para las variables DLIBFP y DLPBI

Vector Autoregression Estimates		
Date: 05/04/15 Time: 15:47		
Sample(adjusted): 1953 2013		
Included observations: 61 after adjusting endpoints		
Standard errors in () & t-statistics in []		
	DLIBFP	DLPBI
DLIBFP(-1)	-0.143249 (0.12509) [-1.14518]	0.028183 (0.02330) [1.20933]
DLIBFP(-2)	-0.270629 (0.12547) [-2.15698]	0.010733 (0.02337) [0.45918]
DLPBI(-1)	1.418133 (0.73326) [1.93400]	0.443941 (0.13661) [3.24970]
DLPBI(-2)	0.391948 (0.72113) [0.54352]	-0.199799 (0.13435) [-1.48715]
C	0.003390 (0.04095) [0.08278]	0.025913 (0.00763) [3.39678]
R-squared	0.120476	0.223911
Adj. R-squared	0.057653	0.168477
Sum sq. resids	3.007834	0.104399
S.E. equation	0.231757	0.043177
F-statistic	1.917697	4.039179
Log likelihood	5.239189	107.7422
Akaike AIC	-0.007842	-3.368596
Schwarz SC	0.165180	-3.195573
Mean dependent	0.047161	0.037139
S.D. dependent	0.238741	0.047350
Determinant Residual Covariance		8.88E-05
Log Likelihood (d.f. adjusted)		111.4142
Akaike Information Criteria		-3.325055
Schwarz Criteria		-2.979010

Orden de Cholesky: DLIBFP DLPBI

ANEXO 7: Resultado de las pruebas sobre los residuos

Cuadro a: Resultados de la prueba de normalidad

VAR Residual Normality Tests				
Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl)				
H0: residuals are multivariate normal				
Date: 04/29/15 Time: 08:17				
Sample: 1950 2013				
Included observations: 61				
Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
1	0.203085	0.419308	1	0.5173
2	-0.729336	5.407965	1	0.0200
Joint		5.827273	2	0.0543
Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
1	3.216466	0.119096	1	0.7300
2	3.626956	0.999062	1	0.3175
Joint		1.118158	2	0.5717
Component	Jarque-Bera	df	Prob.	
1	0.538405	2	0.7640	
2	6.407027	2	0.0406	
Joint	6.945431	4	0.1388	

Cuadro b: Resultados de la prueba de autocorrelacion

VAR Residual Serial Correlation LM Tests		
H0: no serial correlation at lag order h		
Date: 04/29/15 Time: 08:19		
Sample: 1950 2013		
Included observations: 61		
Lags	LM-Stat	Prob
1	4.188082	0.3811
2	0.788624	0.9400
Probs from chi-square with 4 df.		

Cuadro c: Resultados de la prueba de heterocedasticidad

VAR Residual Heteroskedasticity Tests: No Cross Terms (only levels and squares)					
Date: 04/29/15 Time: 08:20					
Sample: 1950 2013					
Included observations: 61					
Joint test:					
Chi-sq	df	Prob.			
34.04807	24	0.0838			
Individual components:					
Dependent	R-squared	F(8,52)	Prob.	Chi-sq(8)	Prob.
res1*res1	0.260229	2.286498	0.0353	15.87395	0.0442
res2*res2	0.120406	0.889773	0.5316	7.344764	0.4999
res2*res1	0.107526	0.783122	0.6194	6.559060	0.5849

ANEXO 8: Resultados de la prueba de cointegración de Johansen

Cuadro a: Resultados para tendencia determinística lineal (intercepto no tendencia)

Date: 04/29/15 Time: 11:36				
Sample(adjusted): 1953 2013				
Included observations: 61 after adjusting endpoints				
Trend assumption: Linear deterministic trend				
Series: LIBFP LPBI				
Lags interval (in first differences): 1 to 2				
Unrestricted Cointegration Rank Test				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value
None	0.113495	7.649594	15.41	20.04
At most 1	0.004923	0.301034	3.76	6.65
*(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level				
Trace test indicates no cointegration at both 5% and 1% levels				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value
None	0.113495	7.348560	14.07	18.63
At most 1	0.004923	0.301034	3.76	6.65
*(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level				
Max-eigenvalue test indicates no cointegration at both 5% and 1% levels				

Cuadro b: Resultados para tendencia determinística lineal (no tendencia)

Date: 04/29/15 Time: 11:35				
Sample(adjusted): 1953 2013				
Included observations: 61 after adjusting endpoints				
Trend assumption: Linear deterministic trend (restricted)				
Series: LIBFP LPBI				
Lags interval (in first differences): 1 to 2				
Unrestricted Cointegration Rank Test				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value
None	0.130240	12.88325	25.32	30.45
At most 1	0.069156	4.371453	12.25	16.26
*(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level				
Trace test indicates no cointegration at both 5% and 1% levels				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value
None	0.130240	8.511798	18.96	23.65
At most 1	0.069156	4.371453	12.25	16.26
*(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level				
Max-eigenvalue test indicates no cointegration at both 5% and 1% levels				

Cuadro c: Resultados para tendencia determinística cuadrática (tendencia lineal)

Date: 04/29/15 Time: 11:36				
Sample(adjusted): 1953 2013				
Included observations: 61 after adjusting endpoints				
Trend assumption: Quadratic deterministic trend				
Series: LIBFP LPBI				
Lags interval (in first differences): 1 to 2				
Unrestricted Cointegration Rank Test				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value
None	0.130233	12.87702	18.17	23.46
At most 1 *	0.069068	4.365728	3.74	6.40
*(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level				
Trace test indicates no cointegration at both 5% and 1% levels				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	5 Percent Critical Value	1 Percent Critical Value
None	0.130233	8.511292	16.87	21.47
At most 1 *	0.069068	4.365728	3.74	6.40
*(**) denotes rejection of the hypothesis at the 5%(1%) level				
Max-eigenvalue test indicates no cointegration at both 5% and 1% levels				