



La Causalidad entre el Crecimiento Económico y la Expansión del Transporte Aéreo: Un Análisis Empírico para Perú

JEFATURA DE CONTRATOS AEROPORTUARIOS

Julio 2020

INTRODUCCIÓN¹

El incremento de la interacción económica entre países, la infraestructura y servicios de transporte se han postulado como un soporte fundamental para el buen funcionamiento de la actividad económica regional, ya que la conectividad y accesibilidad en un entorno globalizado desempeñan la base material que permite la interacción con mercados externos.

Bajo esta perspectiva, según Ramos (2011), la contribución más importante del transporte en la economía mundial e incluso en la regional puede abordarse desde el punto de vista de la conectividad y accesibilidad. De esta manera, de acuerdo con Rodríguez (2018), la liberalización económica y la dispersión de los procesos productivos han multiplicado la preponderancia de la infraestructura y servicios de transporte sobre la economía mundial y regional.

Aunque la discusión engloba a las distintas modalidades de transporte (terrestre, marítimo y aéreo), el desarrollo de sistemas de transporte aéreo se ha permeado como uno de los condicionantes con mayor relevancia para la movilidad a nivel global, sobre todo porque presenta una serie de particularidades que lo distinguen, como las largas distancias que puede recorrer empleando un menor tiempo de viaje y la tecnología de punta que utiliza para su operación.

El transporte aéreo tiene elementos propios cuya actividad económica presenta relaciones teóricas y empíricas con el crecimiento económico a nivel regional y nacional. Por ejemplo, la construcción, operación y mantenimiento de infraestructura aeroportuaria demanda una inversión considerable de recursos monetarios y humanos que pueden repercutir decisivamente en la dinámica local. Además, el desarrollo de infraestructura de transporte aéreo otorga una ventaja comparativa a los espacios donde se localiza, derivado de una accesibilidad superior que expone una región respecto a otras. De esta manera, el transporte aéreo tiene implicaciones espaciales y puede fomentar el crecimiento de la actividad económica local desde diferentes frentes de forma indirecta.

Por un lado, el eficiente acceso a mercados externos es uno de los elementos más importantes en la toma de decisiones de emplazamientos productivos, por lo que el desarrollo de infraestructura de transporte puede incentivar la atracción de inversión extranjera directa y con ello, promover el crecimiento económico.

Por otro lado, el transporte aéreo representa y facilita la movilidad de personas a largas distancias, ya sea por motivos de trabajo, ocio o de cualquier otra índole. Dentro de los incentivos a la movilidad se puede hacer referencia a las actividades turísticas, las cuales, han representado una fuente de ingresos adicionales que llegan a impactar significativamente en el crecimiento económico local, ya que tiene la capacidad de producir efectos multiplicadores en actividades conexas como los servicios de alojamiento, alimentación y comercio.

En general el desarrollo de infraestructura de transporte aéreo mejora la competitividad regional y puede producir efectos directos e indirectos sobre el crecimiento económico si se logra articular con la dinámica local.

¹ El presente documento de trabajo tiene como principal referente al trabajo realizado por Brindis, M. A. R., Mejía-Alzate, M. L., & Aguirre, S. Z. (2015). *La causalidad entre el crecimiento económico y la expansión del transporte aéreo: un análisis empírico para Chile*. Revista de economía del Rosario, 18(1), 127-144

Sin embargo, también es lógico pensar que el desempeño económico local sea el que marque la pauta para fomentar el desarrollo de infraestructura y servicios aeroportuarios, es decir, que el crecimiento económico de las actividades productivas e ingresos locales demande una expansión y una mayor vinculación con las regiones externas, lo que tendería a incentivaría el desarrollo del transporte.

De esta manera, existe la posibilidad teórica de presenciar una relación causal entre el crecimiento económico y el tráfico aéreo en cualquier dirección, es decir, que cualquiera de las dos variables puede producir efectos en el comportamiento de la otra, ya sea en un sólo sentido (del crecimiento económico al tráfico aéreo o viceversa) o que se presente una relación con reciprocidad, creando un círculo virtuoso entre variables.

Por lo tanto, es de gran relevancia la precisión en la determinación de la direccionalidad de la relación causal entre crecimiento económico y el tráfico aéreo, sobre todo para la planificación privada y en la toma de decisiones del sector público, ya que la intervención de política en el fomento de desarrollo de infraestructura o crecimiento económico se puede desviar o tener poco impacto si no se conoce que variable influye sobre la otra.

Esta investigación se centra en esta disyuntiva teórica, por lo que busca analizar empíricamente la relación entre el crecimiento económico y el tráfico aéreo, enfocándose en determinar la direccionalidad de la posible relación causal entre variables. Para propósitos de este documento de investigación, primeramente utilizaremos la metodología X12 ARIMA para desestacionalizar las series; seguidamente se procede a realizar las pruebas de raíz unitaria, utilizando las más importantes (ADF, Phillips-Perron, KPSS); calculamos el número óptimo de rezagos de acuerdo a los criterios de información más conocidos (AIC, BIC, HQIC); luego, procedemos a realizar la prueba de cointegración de Johansen para asegurarnos si existe o no relación de equilibrio a largo plazo; utilizamos el test de causalidad de Granger, ajustada por Toda & Yamamoto (1995), para determinar si existe efecto unidireccional o bidireccional de las variables se estima el VECM mediante una ecuación; finalmente se realiza una función de impulso-respuesta para evaluar la intensidad con la que las variables reaccionan ante shocks de cada una de ellas.

1. Marco teórico y conceptual

Al respecto, en el presente capítulo se busca establecer las conexiones teóricas que explican las formas en las que se puede relacionar el tráfico o de transporte aéreo y el crecimiento económico (PBI), con el fin de obtener un panorama más amplio de dicha relación.

En ese sentido, se señala con una breve exposición sobre la relevancia del desarrollo del transporte para la economía mundial y regional. Posteriormente para profundizar en los elementos teóricos, se ha subdividido el capítulo en dos apartados, en el primero se plantean las variables asociadas a la actividad económica del transporte aéreo que pueden influenciar el comportamiento del crecimiento económico, mientras que en el segundo apartado se exploran las variables que pueden impactar a la actividad transportista desde la dinámica económica.

1.1. Transporte para la económica mundial

Al respecto, según Ramos (2011), la contribución más importante del transporte en la economía mundial e incluso en la regional puede abordarse desde el punto de vista de la conectividad y accesibilidad.

Cabe señalar, que la participación del transporte en la economía mundial ha crecido exponencialmente gracias al debilitamiento de los modelos proteccionistas de mercado que caracterizaron a una gran parte de las economías del mundo durante el siglo XX. Mediante la reducción de los procesos coercitivos de intervención estatal y la disminución de la regulación económica se permitió una mayor integración económica mundial (Franco y Di Filippo, 1999).

La caída de las tarifas arancelarias, así como la reducción de las barreras a la inversión han permitido una mayor libertad al flujo de personas y mercancías que se movilizan a nivel global. En consecuencia, la conectividad del espacio ha incorporado una gran relevancia dentro de los sistemas económicos y sociales, demandando servicios de transporte en mayor cantidad y calidad. Por lo tanto, es fácil reconocer que la infraestructura y los servicios de transporte juegan un papel preponderante en la conformación del desarrollo para los países y las regiones (Button, 2008).

Desde una perspectiva teórica, Paul Krugman (1996) habla sobre la ventaja económica del comercio intraindustrial a nivel mundial, en el que una de las principales estrategias que sustentan el crecimiento económico regional se desprende de la integración efectiva al comercio internacional, mediante la atracción o localización productiva.

De esta manera, de acuerdo con Rodríguez (2018), la liberalización económica y la dispersión de los procesos productivos han multiplicado la preponderancia de la infraestructura y servicios de transporte sobre la economía mundial y regional. En la primera, el desarrollo de infraestructura de transporte se presenta como una necesidad, ya que incrementaría la accesibilidad (mediante la reducción de tiempo de viaje) y permite la libre circulación de bienes y personas. Para el segundo, la composición del transporte desprende un doble propósito: primero i) para las empresas se conforma como un insumo que les permite la reducción de costos, expandiendo el ratio de localización industrial óptima y segundo ii) para el espacio económico, el desarrollo de transporte se permea como una posibilidad de crecimiento económico, derivado de la competitividad regional.

De acuerdo con Button (2008), el proceso de integración económica mundial ha presentado oportunidades de crecimiento para las economías regionales poco desarrolladas, las cuales no podrían ser aprovechadas si no se desarrolla la infraestructura y los servicios de transporte que ofrezcan las óptimas redes de vinculación y el armonioso flujo de factores, servicios y mercancías. Además, señala que el desarrollo de transporte local requiere complementariedad en base a la estructura económica y de factores para poder potenciar el desarrollo de los sistemas económicos locales.

En el apartado siguiente se estudiará en específico como se puede producir teóricamente la relación entre el transporte aéreo y el crecimiento económico. Se procederá a explicar las variables que pueden impulsar a que el tráfico aéreo produzca efectos sobre el crecimiento económico y también el caso en el que el crecimiento sea la variable que impacte sobre el desenvolvimiento de la actividad del transporte aéreo.

1.2. Transporte Aéreo y crecimiento económico

Diversos estudios han demostrado la persistencia de una relación entre el tráfico de transporte aéreo y el crecimiento económico.

Profillidis y Botzoris (2015) examinaron el grado de vinculación entre el flujo de pasajeros transportados por vía aérea y el PIB a nivel mundial, un estudio que se realizó tanto de manera agregada como para las distintas áreas geográficas del mundo, tomando como referencia la clasificación del Banco Mundial (América del Norte, Europa y Asia Central, Asia Oriental y Pacífico, el Sur de Asia, América Latina y Caribe, Oriente Medio y el Norte de África, África subsahariana). Sus resultados reconocieron la existencia de una relación positiva entre el transporte de pasajeros aéreos y la actividad económica a nivel mundial, tanto de forma agregada como para las distintas áreas geográficas del mundo, aunque el coeficiente de determinación resulto ser más fuerte y significativo para áreas con un mayor grado de desarrollo como Europa, Norteamérica y Asia del Pacífico.

Asimismo, **Goetz (1992)** buscó comprobar la interdependencia entre los patrones de crecimiento urbano con la evolución de la demanda de transporte aéreo, tomando como referencia los cambios en la población, el empleo y los flujos de pasajeros per cápita en las 50 áreas metropolitanas más grandes de Estados Unidos de América (EUA). Su análisis ratifica que el mayor nivel de flujos de pasajeros transportados por vía aérea presenta efectos positivos sobre el crecimiento urbano experimentado.

Por otro lado, **Allroggen y Malina (2014)**, quienes incluyen a la infraestructura de transporte aéreo (aeropuertos y tráfico aéreo) en una función de producción tipo Cobb-Douglas para estimar la influencia de esta modalidad en el dinamismo económico para 19 zonas administrativas de Alemania. Los resultados muestran una relación positiva entre las variables, aunque las zonas que contenían una mayor dinámica aérea mostraron una mayor elasticidad en el crecimiento.

Por lo indicado, el reconocimiento o afirmación de una relación de dependencia de una variable respecto a otra no implica una relación de causalidad necesariamente, mejor dicho, no nos indica la precedencia de una variable respecto a otra (Montero, 2013). **Kendall y Stuart (1961)** citado en Gujarati y Porter (2010) declaran que una relación estadística por más fuerte y sugerente que sea, no puede establecer una conexión causal, pero si se involucran análisis de series de tiempo o panel de datos es posible conformar una relación causal dado que: si un acontecimiento X se

contempla antes que un acontecimiento Y, es posible que X cause a Y, es decir, que los eventos pasados pueden repercutir en los sucesos actuales (Granger & Lee, 1989). También es posible que dos variables se relacionen en el corto plazo y que no soporten evidencia de su relación a largo plazo.

Además, se necesitan análisis complementarios para determinar la direccionalidad de una posible relación causal (Toda & Phillips, 1993). Es preciso mencionar que la direccionalidad entre el tráfico aéreo y el crecimiento económico se puede dar de diversas maneras; siendo así, se presentan 4 posibilidades en las que se puede presentar la direccionalidad:

➤ **El crecimiento económico produzca efectos sobre el tráfico de transporte aéreo**

En este primer escenario existen la posibilidad de que se puedan desarrollar efectos en sentido que las fluctuaciones en la dinámica económica puedan repercutir en la formación de la demanda de los servicios de transporte.

Al respecto, se podría decir que el desarrollo de sistemas de transporte aéreo suele ser generado por el crecimiento económico, ya que la actividad aeroportuaria puede ser considerada como un bien normal, en donde el incremento en los ingresos de la población suele redirigir su demanda hacia sistemas de transporte más rápidos, cómodos y eficientes (**Chi & Baek, 2013**). En la teoría del consumidor se busca maximizar la utilidad de los individuos y un mayor tiempo de viaje involucra desutilidad para los usuarios, ya que el transporte no es considerado como un bien final, más bien actúa como un input para el desarrollo de otras actividades económicas y sociales (Nicholson & Snyder, 2010).

En ese sentido, en medida en que una región o un país crece, surge una mayor necesidad de vincularse con otros mercados e interactuar mediante el intercambio de bienes y la movilidad de personas, por lo que el transporte aéreo puede conformarse como una necesidad latente para los agentes económicos en la búsqueda de expansión, es decir, el transporte se convierte en un elemento relevante cuando se conforma un excedente del productor en el mercado local y existe una demanda en otras regiones (Dorta González, 2013).

Por otro lado, Eichengreen & Gupta (2009) indican que los determinantes de la demanda de servicios especializados están supeditados a los ingresos per cápita de la población. Asimismo **Küçükönel & Sedefoğlu (2017)** en un estudio para 28 países miembros de la OCDE para identificar los determinantes de la demanda de transporte se señala que sus resultados del estudio sugieren que el crecimiento futuro del tráfico aéreo depende en gran medida de la prosperidad económica expresada en este caso en términos del PIB, del desarrollo del sector turismo y el empleo local.

Por su parte **Kiboi, et al. (2017)** indica que la tasa de interés nacional y global tienden a producir un efecto negativo y significativo sobre la demanda de transporte aéreo (variable del presente documento), mientras que el crecimiento del PIB y de los ingresos per cápita tienen un efecto positivo en el tráfico aéreo.

Dobruszkes, et al. (2011) examinan los determinantes del volumen de tráfico aéreo en las principales áreas urbanas de Europa, sugiriendo que el PIB, el nivel de inversión, el turismo y la distancia a otra área de mercado representan cerca de dos tercios de la variación en los servicios de transporte aéreo.

➤ **El transporte aéreo sea el que ayude a explicar una parte del crecimiento económico**

En este segundo escenario se abordará los aspectos inherentes del transporte aéreo que pueden producir efectos directos e indirectos sobre la dinámica económica en general.

En un estudio desarrollado por la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) y la consultora de Oxford Economics en el 2009, se identificó algunos de los efectos esenciales que la economía puede experimentar como consecuencia de la actividad económica aérea transportista. En dicho análisis se destacan por un lado los efectos directos, que hacen referencia al empleo e ingresos generados por la construcción, operación y mantenimiento de un aeropuerto y por otro lado, los impactos indirectos, inducidos y catalizadores que se pueden producir, entre los que se puede mencionar: i) La conectividad entre empresas podría enriquecer la productividad total de los factores mediante el fomento de la inversión y la innovación; ii) Incentiva el turismo nacional e internacional; iii) Permite a las empresas atraer empleados de alta calidad; iv) Impulsan la generación de empleo; v) Mejora el comercio internacional; vi) Facilita la operación de negocios y la eficiencia.

➤ **Que se presente una relación causal bidireccional en la cual las dos variables sean explicadas una por la otra.**

De los dos escenarios indicados anteriormente, se puede percibir una gran similitud entre los determinantes socioeconómicos de la demanda de transporte aéreo y los efectos indirectos que producen éstos sobre la actividad económica, sobre todo en el sector turístico, el empleo, ingresos per cápita, el tamaño del mercado y la inversión. En ese sentido, se podría sugerir un proceso de causalidad circular entre variables.

➤ **Por último, la literatura reporta la posibilidad de que no se produzca una relación causal entre variables en ningún sentido.**

Finalmente, de lo indicado en el presente capítulo, no se tiene certidumbre empírica si esta relación causal entre variables se pueda percibir en cualquier espacio económico, en especial cuando se tiene en cuenta espacios con diferencias muy marcadas y estructuras económicas muy heterogéneas.

2. Causalidad entre crecimiento económico y demanda de transporte aérea

Respecto, debemos señalar que la precisión empírica en la determinación de la direccionalidad causal entre estas variables goza de una gran relevancia entre los planificadores públicos y privados de cualquier región o país. En ese sentido, para dos escenarios:

- i) Del proceso unidireccional, que se mueve desde el crecimiento económico hacia el tráfico de transporte aéreo, se justificaría un análisis de predicción de la demanda futura de la actividad aeroportuaria a partir de las fluctuaciones de la actividad económica (Percoco, 2010).
- ii) Por su parte, si se presentara un resultado antagónico en donde las variaciones del tráfico de transporte aéreo produjeran efectos en el crecimiento económico, se podrían elaborar recomendaciones de política pública que logren estimular la competitividad regional y el crecimiento económico a través del desarrollo de los servicios transportistas aéreos y su vinculación con los efectos directos e indirectos sobre los sectores productivos y de servicios locales.

Bajo este escenario, el presente capítulo tiene como objetivo presentar una revisión de literatura que ha estudiado la relación causal entre transporte aéreo y crecimiento económico. Como se verá más adelante, la literatura empírica muestra resultados heterogéneos en tiempo y espacio pero se han obtenido algunos patrones que pueden resultar de interés.

2.1 Revisión Literaria

La relación entre la demanda de transporte aéreo y crecimiento económico ha sido estudiada por varios autores. No es claro si el crecimiento económico incrementa la demanda de transporte aéreo o si, por el contrario, el incremento de la demanda de transporte aéreo conlleva a un crecimiento económico, a largo plazo. Lo que sí se ha planteado es que ambas variables están muy relacionadas. Teniendo en cuenta que la medición del crecimiento económico se identifica por medio de la variación del Producto Interno Bruto de un país y que el transporte aéreo es utilizado por todos los sectores económicos, ya sea como eje o como apoyo de sus actividades, se podría decir que un incremento de la demanda de transporte aéreo produce un aumento del PBI, lo que genera crecimiento económico. Asimismo, cuando la actividad económica se acelera, reflejo de un crecimiento económico, la demanda de transporte aéreo se incrementa (Brindis, Mejía-Alzate & Aguirre (2015)).

Chang y Chang (2009) utilizan el PIB y la carga aérea como variables proxy del crecimiento económico y de la demanda de transporte aéreo para Taiwán. El análisis contempla una serie de tiempo que va de 1974-2006 y emplea pruebas de raíz unitaria y cointegración para determinar las propiedades estadísticas de las variables y su grado de vinculación. Finalmente, mediante el test de causalidad de Granger determinaron que las series muestran una relación causal bidireccional.

Chi y Baek (2013) examinan los efectos del crecimiento del mercado (medido por los ingresos per cápita y el PIB nacional) y las crisis económicas (representadas por los ataques terroristas del 9/11, la guerra de Irak, epidemia de SARS, y la crisis financiera de 2008) sobre los pasajeros aéreos y servicios de carga de Estados Unidos. Sus conclusiones muestran la prevalencia de una relación positiva unidireccional que va del crecimiento de mercado hacia el tráfico aéreo y

un resultado negativo para los ataques terroristas del 9/11 y el SARS. En el mismo sentido Brida, et al. (2016) estudiaron la de interés en Italia. Los autores aplicaron pruebas de cointegración y hallaron una relación de largo plazo, cuya elasticidad resultó positiva, además el análisis de causalidad de Granger sugiere una relación en un sólo sentido que va de la demanda de transporte aéreo al crecimiento.

Este tipo de estudios han sido aplicados para América Latina destacando el de Rodríguez-Brindis, et al. (2015), quienes hacen uso del PIB y el número de pasajeros aéreos de Chile para 1986 a 2014. El estudio utiliza la prueba de Johansen para probar cointegración y con la versión modificada del test de causalidad de Granger (metodología sugerida por Toda y Yamamoto) determinaron la dirección de la relación, la cual mostro un resultado de bidireccionalidad entre las series.

Marazzo, et al., (2010) analizan el caso para Brasil y toman las variables de PIB y pasajeros-kilómetros entre 1966-2006. Sus resultados sugieren una relación bidireccional entre las series de tiempo, aunque la relación positiva es más fuerte del crecimiento económico hacia la demanda de transporte aéreo. En este mismo sentido el caso de México no ha quedado fuera Brida, et al. (2016) analizan el efecto en el largo plazo entre la demanda de transporte aéreo y el crecimiento económico a nivel nacional. Los autores aplican cointegración y causalidad encontrando que un aumento en el transporte aéreo produce un efecto positivo en el crecimiento en el periodo 1995-2013. No obstante, este estudio tiene la característica de ser espacial pues engloba a los pasajeros aéreos y al PIB a nivel nacional.

Los organismos internacionales relacionados con la industria del transporte también han contribuido a la discusión en torno a la industria de la aviación y su relación con el crecimiento económico. El estudio dirigido por el Banco Mundial (Arvis & Shepherd (2011)) proporciona una herramienta robusta, llamada Índice de Conectividad Aérea (ACI) para incorporar en futuras investigaciones del transporte y el comercio internacional. Los autores demostraron, para un gran número de aeropuertos (211), que la liberalización de los mercados de transporte aéreo y la participación en redes internacionales de producción está estrechamente relacionada con la medida de la conectividad. Resultados que reafirman por que la industria del transporte aéreo es cada vez más importante para la economía mundial.

A pesar de los impactos del transporte aéreo en el desarrollo económico y la fuerte correlación entre la demanda de transporte aéreo y el crecimiento económico, hay pocos estudios que abordan la relación causal entre estas variables (Green (2007)). Este tipo de literatura ha surgido en los últimos años. Desde una perspectiva geográfica diferente, Fernandes & Pacheco (2010) y Marazzo, et al. (2010) investigaron la relación entre la demanda de transporte aéreo (usando como proxy el RPK, es decir, el ingreso por pasajero-kilométró, de los vuelos domésticos) y el crecimiento económico (PBI como proxy) en Brasil. Ambos estudios encontraron una cointegración entre las variables mencionadas y la existencia de la relación de equilibrio unidireccional.

En un trabajo reciente, Chi & Baek (2013) analizan las relaciones, tanto de corto como de largo plazo entre el crecimiento económico y el transporte aéreo (representado por el volumen de pasajeros aéreos y los movimientos de carga) utilizando el modelo dinámico ARDL para el caso de EE.UU. Los autores también examinan cómo algunos shocks externos tienen efectos sobre la demanda de transporte aéreo. Los principales resultados indican que, en el largo plazo, los pasajeros aéreos y la demanda de carga tienden a aumentar con el crecimiento económico. Por el contrario, en el corto plazo, los movimientos de los pasajeros aéreos se ven afectados

negativamente por algunos shocks externos (eventos como la epidemia del SARS y los atentados del 11 de septiembre); sin embargo, estos choques tienen poco efecto sobre la demanda de carga.

Baker, et al. (2015) en un marco de panel de datos analizan el caso de Australia, los cuales emplearon los movimientos totales de pasajeros en 88 aeropuertos y el ingreso real grabable como variables de estudio. Los resultados presentaron cointegración y una relación de largo plazo, mientras que la prueba de causalidad de Granger expuso una relación bidireccional. Por último, Hakim & Merkert (2016) analizan a países del sur de Asia con variables como el PIB nacional, el volumen de carga y el número de pasajeros. Se probó cointegración y una relación unidireccional del crecimiento económico hacia la demanda de transporte aéreo.

Por lo expuesto, de la revisión literaria muestra algunos patrones que se pueden mencionar: todos los estudios reportados encuentran que las variables bajo análisis muestran tener raíz unitaria, además, los estudios que investigan cointegración encuentran al menos una relación de equilibrio de largo plazo entre las variables. Sin embargo, los resultados de direccionalidad en la relación causal presentan una heterogeneidad entre países o regiones geográficas

El presente trabajo analiza la relación dinámica entre el transporte aéreo peruano (desde la perspectiva del movimiento de los pasajeros) y el crecimiento económico, siendo el más común la caracterización del PBI, con el fin de responder las siguientes preguntas. En primer lugar, ¿existe una relación de equilibrio de largo plazo entre la industria del transporte aéreo y el crecimiento económico en Perú? En segundo lugar, si existe una relación de largo plazo estable, ¿Cuál es el sentido de la relación causal entre estas dos variables

3. **E**l Transporte Aéreo en el Perú y actividad económica en Perú

En el presente capítulo se abordará una descripción tanto de la actividad económica como del transporte aéreo en Perú, con el fin de obtener una contextualización sobre la posible vinculación entre variables, para posteriormente realizar un análisis empírico.

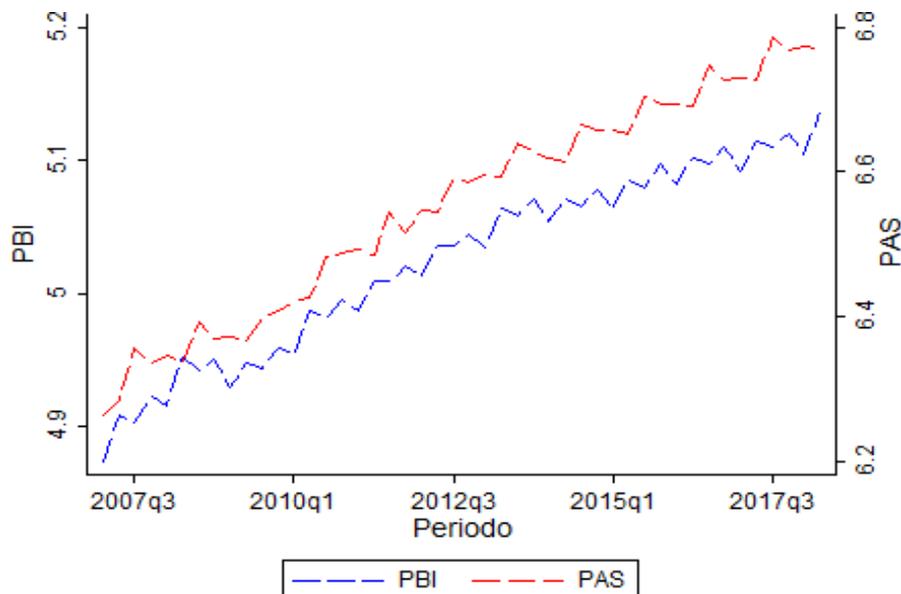
Los servicios de transporte aéreo han experimentado un crecimiento exponencial en la mayoría de los países del mundo, logrando posicionarse como un sector con gran influencia en la actividad económica y la formación de empleos. Según el Air Transport Action Group (ATAG, 2018)² las actividades relacionadas con esta modalidad de transporte aportan cerca del 3.6 por ciento (2.7 trillones de dólares) del PIB mundial y soporta a unos 65.5 millones de empleos en todo el mundo, de los cuales el 15.6% son directos. Haciendo referencia a los efectos catalizadores del transporte aéreo, se puede mencionar al sector turístico. Este sector ha llegado a contribuir con cerca de US\$2.7 trillones a la economía mundial y proporcionar más de 65.5 millones de empleos. Sin embargo, el turismo contiene una importante sensibilidad hacia el transporte aéreo y se intuye que cerca de 36.7 millones de empleos y alrededor de 896.9 billones de dólares del PIB mundial están respaldados por los visitantes internacionales que se desplazan por aire.

A nivel internacional se pueden mencionar que las dos economías con mayor dimensión en cuanto a la aportación del PIB a nivel mundial son Estados Unidos de Norteamérica y la República Popular de China, las cuales producen el 24.5 y el 16.3 por ciento del PIB mundial. Algo interesante es que sus aportaciones al PIB mundial van en sintonía con el porcentaje de pasajeros transportados por vía aérea, ya que estos dos países comprenden el 21.0 y el 14.4 por ciento respectivamente del total de pasajeros transportados por esta modalidad. Un dato similar se presenta para Perú, el cual se posiciona en el lugar 43 en cuanto a su aportación al PIB mundial con el 0.33 por ciento, mientras que su aportación al volumen de pasajeros transportados por vía aérea es de 0.42 por ciento (FMI, 2019).

El comportamiento del crecimiento económico y del tráfico aéreo en Perú se puede visualizar en la Gráfica N° 01, el cual plasma en color rojo los datos históricos de los movimientos de pasajeros por vía aérea a nivel nacional (PAS) y en azul la evolución del Producto Bruto interno (PBI) para la economía peruana, en un periodo de tiempo que va de 2007-2018. En ella se puede observar una clara tendencia positiva de crecimiento muy parecida entre estas dos variables. Se evidencia también, que las fluctuaciones del PBI y el movimiento de pasajeros por vía aérea varían de forma semejante en el periodo de tiempo analizado, con un cierto nivel de rezago en el tiempo, lo que sugiere una correlación alta entre dichas series.

² *Aviación: Beneficios más allá de las fronteras* ofrece una visión global de una industria verdaderamente global. Oxford Economics analizó los beneficios económicos y sociales de la aviación a nivel nacional en 63 países y utilizó los resultados de esa evaluación para construir la imagen global más completa de los muchos beneficios del transporte aéreo. Trabajando con socios en toda la industria, el Grupo de Acción de Transporte Aéreo (ATAG) ha ampliado el análisis para crear una visión única del sistema de transporte aéreo, que crea y apoya empleos, comercio, conectividad, turismo, líneas de vida vitales para muchas comunidades remotas y rápida respuesta al desastre

Gráfico N° 01.
Evolución temporal de las variables



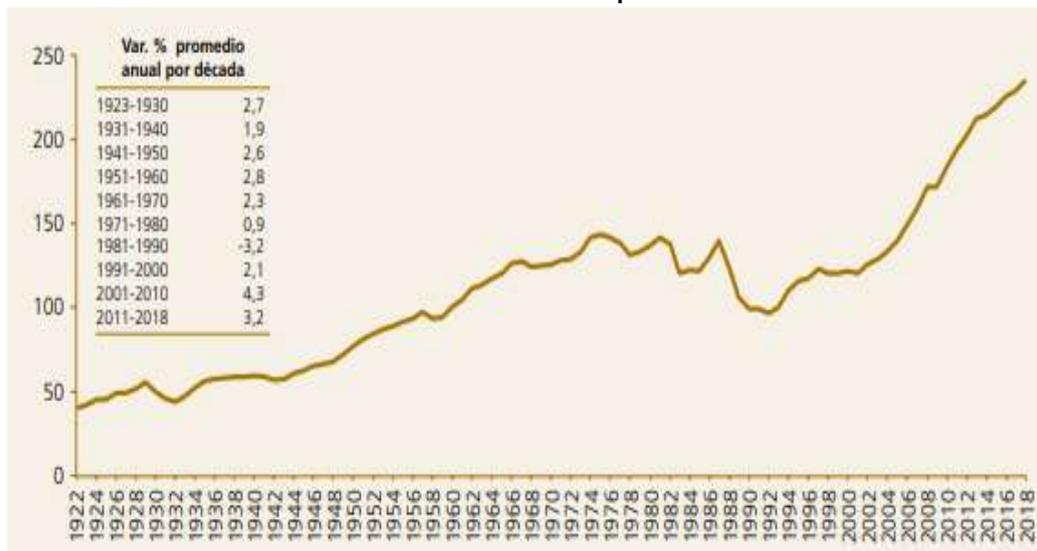
Respecto a las variables, según el Banco Mundial, la economía peruana ha presentado dos fases diferenciadas de crecimiento económico. Entre 2002 y 2013, Perú se distinguió como uno de los países de más alto dinamismo en América Latina, con una tasa de crecimiento promedio del PBI de 6.1 por ciento anual. La presencia de un entorno externo favorable, políticas macroeconómicas prudentes y reformas estructurales en diferentes áreas crearon un escenario de alto crecimiento y baja inflación. Posteriormente, entre 2014 y 2017, la expansión de la economía se desaceleró principalmente como consecuencia de la caída del precio internacional de los commodities, entre ellos el cobre, principal producto de exportación peruano.

Según el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) el Producto Bruto Interno (PBI) se expandió 4,0 por ciento luego que en 2017 la economía creciera a una tasa de 2,5 por ciento debido al impacto negativo que tuvo sobre la actividad económica la presencia del fenómeno El Niño Costero en la zona norte del país y la crisis de confianza y paralización de proyectos que generó el caso Lava Jato. Con el crecimiento alcanzado en 2018, la economía peruana acumula un total de 20 años de expansión continua con una tasa promedio de 4,7 por ciento.

El mayor impulso de la actividad económica provino de la recuperación de la demanda interna, la cual creció 4,3 por ciento frente al 1,4 por ciento del año anterior. Destacó la evolución que tuvo el consumo privado, reflejo de la recuperación del empleo y la aceleración del crédito. De igual manera, la inversión privada estuvo impulsada por el desarrollo de proyectos en el sector minero, en particular, de cobre y hierro. La inversión pública reanudó su crecimiento por obras en infraestructura vial y de saneamiento, así como en la de los Juegos Panamericanos y la reconstrucción del norte del país.

La evolución de 2018 permitió que el PBI por habitante aumentara 2,9 por ciento en dicho año, tasa ligeramente menor al promedio de los últimos ocho años 2011 - 2018 (3,2 por ciento). Ver Gráfico N° 02.

Gráfico N° 02.
Producto Bruto Interno Real por Habitante



Fuente: BCRP - INEI

En ese contexto, el desarrollar mayor infraestructura en servicios públicos básicos, como agua y saneamiento, telefonía, energía y transportes, resulta de vital importancia para incrementar la competitividad de los países y mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. En particular el realizar una mayor inversión en infraestructura de transporte como carreteras, vías férreas, puertos y aeropuertos permitirá obtener un sistema de transporte más eficiente, permitiendo de esta manera reducir la brecha de infraestructura y los excesivos costos de transacción con los que actualmente se cuenta. Otras ventajas del desarrollo de la infraestructura según Rozas y Sánchez (2004) son: un mayor grado de especialización productiva que permite generar economías de escala y aglomeración, integración del sistema económico y territorial de un país o región, reducción de costos asociados al consumo de los servicios, mejoras en el acceso a los mercados de bienes e insumos, incremento en la cobertura y calidad de los servicios provistos a la población, y mayor bienestar.

De acuerdo con el informe World Competitiveness Report del Foro Económico Mundial (World Economic Forum –WEF), en el año 2017-18, el Perú ha ocupado el puesto 72, el cual se advierte la tendencia de retroceso en la competitividad de la economía peruana desde el 2014; pasando por ejemplo, del puesto 65 del ranking de 144 países, a estar en el puesto 72 de 137 países, con este resultado el Perú descendió siete (07) posiciones.

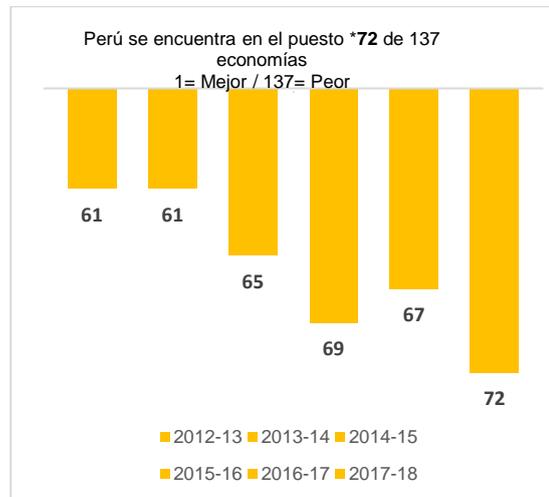
Cuadro N° 01
Competitividad de la Economía Peruana - WEF

	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18
Global Competitiveness Index	61/144	61/148	65/144	69/140	67/138	72/137

Fuente: The Global Competitiveness Report 2017 – 2018, World Economic Forum
Elaboración Propia

Gráfico N° 03
Ranking de Competitividad Global 2017 - 2018

Pilares		PERÚ
1	Instituciones	116
2	Infraestructura	86
3	Entorno macroeconómico	37
4	Salud y educación primaria	93
5	Educación superior y capacitación	81
6	Eficiencia del mercado de bienes	75
7	Eficiencia del mercado de trabajo	64
8	Desarrollo del mercado financiero	35
9	Disposición tecnológica	86
10	Tamaño del mercado	48
11	Sofisticación de los negocios	80
12	Innovación	113
Posición final		72



Fuente: Reporte de Competitividad Global 2018. Foro Económico Mundial. Octubre 2018
Elaboración Propia

Con respecto, a los países de América Latina y el Caribe, según el Reporte de Competitividad Global 2017 – 2018, el cual incluye 20 países de América Latina y el Caribe, este es liderado por Chile (33°), Costa Rica (47°) y Panamá (50°). Respecto al último año, Argentina es el país con mayor avance pues ascendió del puesto 104° al 92°. Las economías menos calificadas en la región en competitividad son Venezuela (127°) y Haití (128°).

Respecto al 2do pilar: Infraestructura, el Perú está ubicado en el puesto 86 (con 3.8 puntos); en comparación con países como Singapur puesto 2 (con 6.5 puntos), Suiza puesto 6 (con 6.3 puntos), Estados Unidos puesto 9 (con 6.0 puntos), Panamá puesto 37 (con 4.9 puntos), Chile puesto 41 (con 4.8 puntos), Uruguay puesto 45 (con 4.7 puntos). Por otro lado, respecto a la calidad de la infraestructura de transporte aéreo, el Perú se encuentra ubicada en el puesto 85 del ranking³. Los países de América Latina y el Caribe como Colombia, Argentina, México, Chile, Ecuador y Panamá se encuentran mejor ubicados, siendo este último el que se encuentra en una mejor posición (puesto 11) en el ranking de calidad de infraestructura de transporte aéreo. Por otro lado, cabe señalar que la conectividad a nivel aéreo es otro nivel de infraestructura ya que constituye un avance en el nivel de conectividad que demanda contar con una cantidad de infraestructura proporcionalmente mayor, generando mayores niveles de inversión inicial.

La red aeroportuaria se encuentra compuesta por la red troncal de aeropuertos a nivel nacional tanto concesionados como públicos, aeródromos locales y helipuertos. Cabe señalar, que el 2000 marcó un hito en la historia de la aeronavegación en el Perú. Fue el año cuando se otorgó la concesión para la operación y desarrollo del aeropuerto internacional Jorge Chávez (AIJCH) de Lima. en menos de un año, el ataque a las torres Gemelas en los estados Unidos dejó una perspectiva pesimista sobre el desarrollo del sector que rápidamente se despejó. desde entonces, el crecimiento del tráfico aéreo a nivel mundial ha sido sostenido, con excepciones marcadas por las crisis económicas y financieras. el Perú ha sido parte de esta evolución (R. Barrantes, 2015).

³ La ubicación que el Perú ocupa respecto al ranking de calidad de carreteras, vías férreas y portuarios según el Global Competitiveness Report 2017 – 2018 es el puesto 108, 87 y 83 respectivamente.

Un componente fundamental de este proceso ha sido el desarrollo de la infraestructura aeroportuaria. Luego de la concesión del AIJCH, siguió en 2006, la concesión del primer grupo de aeropuertos regionales y en 2010, la concesión del segundo grupo. Mientras el AIJCH se entregó en concesión mediante la modalidad autofinanciada, o autosostenible, los dos grupos de aeropuertos regionales constituyeron asociaciones público privadas (APP)

El consorcio Lima Airport Partners S.R.L. (LAP) ganó la concesión del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en el año 2001 por un plazo de 30 años⁴. Por otro lado, en el año 2006 la empresa Aeropuertos del Perú S.A. (ADP) ganó la concesión para administrar la infraestructura aeroportuaria de Anta (Huaraz), Cajamarca, Chachapoyas, Chiclayo, Pisco, Iquitos, Piura Pucallpa, Talara, Tarapoto, Trujillo y Tumbes. En el año 2010, el consorcio de Aeropuertos Andinos del Perú S.A. (AAP) ganó la concesión de los aeropuertos de Andahuaylas, Arequipa Ayacucho, Juliaca, Puerto Maldonado y Tacna.

El resto de los aeropuertos a nivel nacional se encuentran bajo la administración de la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A. (CORPAC), que opera, equipa y mantiene a los aeropuertos menores y al aeropuerto de Cusco; además de ser el único operador de los servicios de aeronavegación de todo el país. Según CORPAC, en la actualidad existen 125 aeropuertos, sumando los públicos y los privados, de los cuales 11 son internacionales, 19 nacionales, 55 aeródromos y 40 helipuertos. El detalle en el siguiente Cuadro N° 02:

Cuadro N° 02
Administración de los Aeropuertos en el Perú

Propiedad y/o Explotador		ESTADO			TOTAL
		En Concesión (1, 2 y 3)	CORPAC S.A. (4)	Otras Entidades (5)	
Aeropuerto	Internacional	10	1	—	11
	Nacional	8	11	—	19
Aeródromo		—	17	38	55
Helipuerto		—	—	40	40
TOTAL		18	29	78	125

(1) Lima Airport Partners SRL, explotador del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez (14.01.2001)

(2) Aeropuerto del Perú S.A., explotador de los Aeropuertos de: Chachapoyas, Trujillo, Cajamarca, Anta-Huaraz, Pucallpa, Iquitos, Tarapoto, Talara, Tumbes, Pisco, Chiclayo y Piura (06.12.2006)

(3) Aeropuertos Andinos del Perú S.A., explotador de los Aeropuertos de: Arequipa, Ayacucho, Juliaca Puerto Maldonado y Tacna.

(4) Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial S.A. - CORPAC S.A., empresa del Estado.

(5) Gobiernos regionales, municipios, comunidades campesinas y/o nativas, Empresas mineras, petroleras, agro-industriales y otras personas naturales o jurídicas. etc.

⁴ Mediante Acta de Acuerdos en la Etapa de Trato Directo relacionada al Contrato de Concesión para la Construcción, Mejora, Conservación y Explotación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, suscrita por las Partes el 20/12/2016, como parte del proceso de suscripción de la Adenda 7 al Contrato de Concesión, las Partes en común acuerdo decidieron ampliar la vigencia del Contrato de Concesión por un periodo adicional de diez (10) años, por lo cual la vigencia de la concesión paso de 30 a 40 años

4. Marco Metodológico y selección de datos

4.1. Datos

Para analizar la posible relación causal entre el tráfico aéreo y crecimiento económico en Perú este documento utilizará para el presente trabajo la información respecto al crecimiento económico, medido como el Producto Bruto Interno (PBI) y, para representar la dinámica del transporte aéreo, se utiliza el número de pasajeros (PAS), midiendo el total de llegadas y salidas de pasajeros nacionales e internacionales.

La frecuencia de la información será trimestral, tomándose desde el primer trimestre de 2007 hasta el segundo trimestre de 2018. La información respecto al PBI fue obtenida del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) mientras que el tráfico de pasajeros (PAS) fue obtenido por medio del Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público - OSITRAN y, además, de la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial - CORPAC.

Cuadro N° 03
Descripción de variables a emplear

Variable	Unidad de Medida	Frecuencia	Fuente de Datos
Producto Bruto Interno (PBI)	Soles	Trimestral	BCRP
Tráfico de Pasajeros (PAS)	Entrada y salida de pasajeros nacionales e internacionales	Trimestral	OSITRAN CORPAC

Elaboración propia

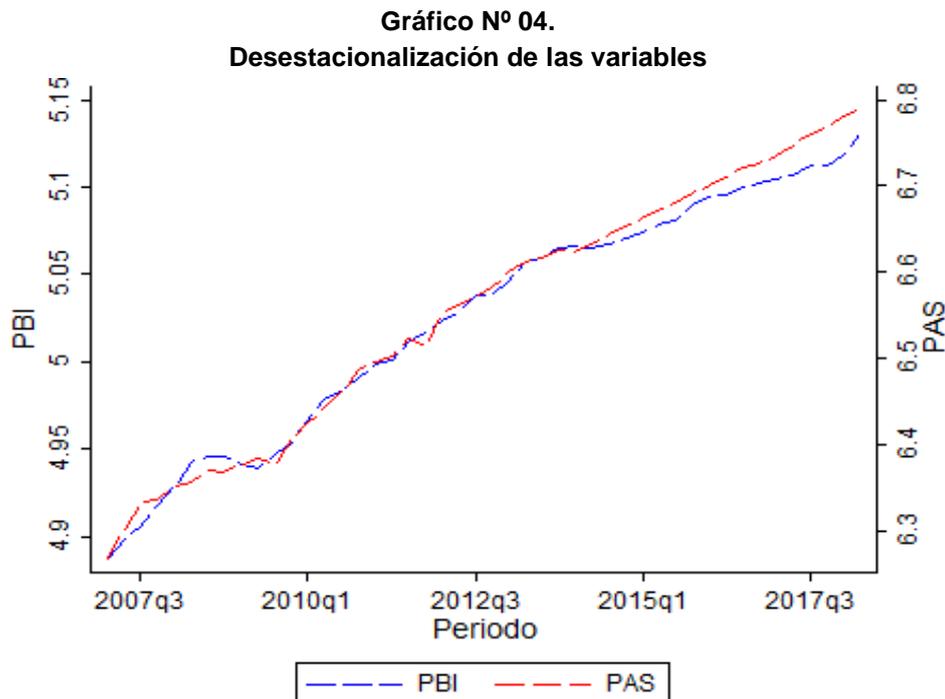
En la Gráfica N° 04, se muestra la evolución de estas variables. Nótese que para el análisis empírico se usaron las variables expresadas en logaritmos, $\ln PBI$ y $\ln PAS$, para el PBI y tráfico de pasajeros en el aeropuerto, respectivamente.

4.2. Metodología

Es importante determinar si el crecimiento económico influye en el tráfico de pasajeros nacionales e internacionales en el Perú o viceversa. A efectos de analizar la causalidad entre ambas variables, Marazzo et al. (2010) sugiere el siguiente modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) tal como se expresa a continuación:

$$PBI_t = \lambda + \sum_{i=1}^n \alpha_i PBI_{t-i} + \sum_{j=0}^n \beta_j PAS_{t-j}$$

Cabe mencionar que las variables analizadas PBI_t y PAS_t se encuentran en logaritmos. Visto el Gráfico N° 04, observamos un comportamiento estacional en diversos periodos de la serie temporal. A fin de no obtener sesgos posteriores a las estimaciones que se realizarán, es necesario desestacionalizar la serie mediante Census-X12, mostrándose el resultado en el Gráfico N° 04:



Del Gráfico N° 04, observamos la evolución del Producto Bruto Interno (PBI) y el Tráfico Aéreo de Pasajeros (PAS), desde el primer trimestre del 2007 al segundo trimestre del 2018; cabe resaltar que los datos se encuentran en logaritmos. De esta manera se evidencia la presencia de estacionalidad en ambas variables, lo cual es necesario realizar la filtración respectiva para que no existan posibles sesgos en posteriores estimaciones. Asimismo, se nota gráficamente que el producto bruto interno y el tráfico de pasajeros pueden tener una relación de largo plazo, debido a que ambos van hacia una misma dirección. Por lo tanto, hay la posibilidad de que ambas variables estén cointegradas.

El análisis empírico seguirá la metodología de causalidad de Granger expuesta por Hakim y Merkert (2016) y Baker et al. (2015), la cual, se centra en un procedimiento que exige de manera secuencial de tres pasos primordiales que permiten evitar problemas de resultados espurios en las estimaciones.

- ✓ En primer lugar, se aplican pruebas de raíz unitaria con el fin de investigar el orden de integración de las variables, dado que la estacionalidad es un elemento de suma importancia en las estimaciones de causalidad, sobre todo para evitar la obtención de resultados sesgados.
- ✓ En segundo lugar, se aplicarán pruebas de cointegración para buscar las relaciones de largo plazo que se puedan producir entre las variables. Los resultados de las pruebas de raíz unitaria y cointegración determinarán el tipo de prueba de causalidad a utilizar en el siguiente paso, si las series son cointegradas del mismo orden se le aplicará un modelo de corrección de errores (VECM) y en caso contrario se usará un modelo de vectores autorregresivos (VAR) para investigar la direccionalidad en la relación causal en el largo plazo (Engle y Granger, 2004).

4.2.1 Prueba de raíz unitaria

De acuerdo con Engle y Granger (2004) cuando se analiza un modelo econométrico que involucra una regresión lineal entre series de tiempo que no presentan un proceso estacionario, se corre el riesgo de obtener resultados espurios, es decir, que el modelo presente relaciones estadísticamente significativas entre variables cuando en realidad no existen. Por lo anterior, en los últimos años se han desarrollado una serie de pruebas de raíz unitaria que buscan medir las propiedades estacionarias de las series de tiempo y determinar el orden de integración de las mismas, con la finalidad de evitar resultados engañosos.

Un proceso estocástico estacionario con su acrónimo $I(0)$ implica que una serie de tiempo trace un comportamiento determinístico, es decir, que su media y su varianza sean constantes en el tiempo y que el valor de la covarianza entre dos periodos dependa solo del número de rezagos y no del tiempo en el que se calculó la covarianza (Gujarati y Porter, 2010). De esta manera, si esperamos que una serie sea $I(0)$, la media, la varianza y la covarianza deberían ser iguales independientemente en el momento en el que se calculen.

En el caso contrario se tienen los procesos estocásticos no estacionarios $I(d)$, los cuales indican que una variable no tiene una tendencia clara a retornar a un valor constante o a una tendencia lineal, por lo que su media y su varianza se modifican indefinidamente en el periodo de tiempo, mostrando propiedades similares a los obtenidas en un modelo de caminata aleatoria (Breitung y Pesaran, 2008).

Si una serie es estadísticamente no estacionaria desarrollara poco valor cuando se involucran estudios o modelos que pretendan obtener deducciones de análisis de impacto, pronóstico o de causalidad, ya que la variabilidad estocástica de la serie no permitirá relacionar las observaciones pasadas con las futuras, dado que cada dato presentará un episodio particular en el tiempo. Por lo tanto, si una serie puede aproximar valores futuros mediante sus valores pasados, desarrollara un proceso estacionario en el que la evolución de la tendencia es determinística (Granger y Lee, 1989).

Como regla general, la inferencia estadística en modelos que contengan variables no estacionarias correrá el riesgo de ser espurias⁵. Sin embargo, existen procedimientos como el de diferenciación para remover la tendencia estocástica de las series. Una variable denotada como $I(d)$ indica que la serie es integrada de orden d , sugiriendo un proceso no estacionario que debe ser diferenciado “ n ” cantidad de veces para transformarla en una serie estacionaria, al remover a través de la diferenciación la tendencia estocástica (Burdisso y Sangiácomo, 2015).

Existen diferentes pruebas para analizar la presencia de raíces unitarias (o el orden de integración de las series); entre las más usuales están: Dickey - Fuller (DF), Dickey - Fuller Aumentada (ADF), Phillips - Perron (PP), Kwiatkoski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS), entre otras.

Prueba de Dickey – Fuller

Las pruebas de Dickey – Fuller puede ser estimada de tres distintas formas, bajo tres hipótesis nulas distintas:

⁵ Cuando el proceso estocástico es no estacionario, el uso de MCO puede producir estimaciones inválidas. Granger y Newbold denominan a estos resultados estimaciones de regresión espuria: altos valores de R^2 y altos cocientes del estadístico t dan resultados sin sentido económico.

- Si Y_t es un camino aleatorio (Random Walks): $\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$, este modelo no sea incorporado ni la tendencia ni el intercepto.
- Si Y_t es un camino aleatorio (Random Walks) con intercepto (drift): $\Delta Y_t = \alpha + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$, este modelo se incorpora el intercepto.
- Si Y_t es un camino aleatorio (Random Walks) con intercepto (drift) y con tendencia: $\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t$, este es un modelo más completo.

En cada uno de los casos la hipótesis nula es que existe una raíz unitaria (serie no estacionaria) y la hipótesis alternativa es $\gamma < 0$, que representa la estacionalidad de la serie Y_t , con media distinta de cero y con una tendencia determinística.

- H_0 : La serie de tiempo no es estacionaria ($\gamma = 0$) y presenta raíz unitaria. Por lo que $\gamma = 0, \alpha = 0$ y $\beta = 0$
- H_1 : La serie de tiempo es estacionaria ($\gamma < 0$) y no presenta raíz unitaria. Por lo que $\gamma < 0, \alpha \neq 0$ y $\beta \neq 0$

Prueba de Dickey – Fuller Aumentado (ADF)

En la prueba original de Dickey – Fuller (DF) se supone que el termino error no esta correlacionado. Por lo que Dickey – Fuller, Said y Dickey (1984), Phillips (1987) y Phillips-Perron (1988) modificaron la prueba original, con el fin de que ε_t , no es ruido blanco⁶.

Para esto consideraron que la serie de tiempo puede ser representada como un proceso autorregresivo de orden p.

$$Y_t = \alpha + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Cuando se extrae el termino de $\beta_p Y_{t-p+1}$ nos da:

$$\Delta Y_t = \alpha + \phi Y_{t-1} + \sum_{i=2}^p \phi_i \Delta Y_{t-i+1} + \varepsilon_t$$

De la ecuación, se desprende tres modelos de serie de tiempo que son: El paseo aleatorio (Random Walks) pero, el paseo aleatorio con intercepto (drift) y paseo aleatorio con intercepto y tendencia (componente determinístico). Dicha sumatoria establece la representación aumentada de la prueba de ADF, a su vez que corrige la presencia de correlación serial en los residuos de la ecuación, pero si la serie analizada presenta un orden de autorregresión superior a uno.

Si usamos el modelo general la hipótesis nula $\phi = 0$, que nos dice de la presencia de una raíz unitaria en la serie. Si se rechaza la hipotesis nula se concluye que dicha serie no presenta raíz unitaria.

Prueba de Phillips – Perron (PP)

En esta prueba de raíz unitaria fue desarrollada por Phillips y Perron, que al igual que ADF

⁶ He aquí el nombre de Dickey – Fuller Aumentado, por que a los autores iniciales se incorporaron Said, Phillips y Perron.

plantean la hipótesis nula $\phi = 1$ en la ecuación.

Pero la diferencia radica que la prueba ADF, no existe término de diferencia retardada, además PP utilizan métodos estadísticos no paramétricos para evitar la correlación serial en los términos del error, sin añadir términos de diferencia rezagada en la ecuación (esta es la principal diferencia). Phillips – Perron parte de la estimación por MCO y luego el t-estadístico del coeficiente ρ es corregido.

- H_0 : La trayectoria de la raíz unitaria con tendencia en la serie.
- H_1 : Estacionalidad con tendencia en la serie.

Si el t-student asociado al coeficiente de Y_{t-1} es mayor en valor absoluto al valor crítico de MacKinnon, entonces se rechaza la hipótesis nula de la existencia de una raíz unitaria con tendencia en la serie.

Prueba Kwiatkowski, Phillips, Smichdt y Shin (KPSS)

Los autores proponen contrastar como hipótesis nula la hipótesis de estacionalidad en tendencias, he aquí la principal diferencia con los anteriores contrastes de raíces unitarias. La prueba KPSS es tan utilizada como las obras pruebas de raíces unitarias.

En la actualidad es muy útil en la investigación, para saber si la serie es fraccionalmente integrada.

H_0 : La serie es estacional en tendencia.

H_1 : La serie es no presenta estacionalidad en tendencia.

4.2.2. Pruebas de cointegración

Uno de los riesgos al realizar inferencia estadística con variables que presenten tendencia estocástica $I(1)$ o cualquier otro orden de integración, es sin duda la posibilidad de obtener resultados que no reflejen la realidad de las observaciones. Sin embargo, Engle y Granger (2004) han demostrado que los modelos que contengan variables estocásticas no estacionarias pueden producir resultados que sean estadísticamente significativos y económicamente coherentes si presentan una relación de cointegración.

Si las series son cointegradas, se puede decir que comparten una tendencia estocástica común en el tiempo y sus fluctuaciones son estables entre sí (estacionarias). De esta manera los modelos cointegrantes se preocupan por determinar la relación de equilibrio de largo plazo a las cuales convergen las variables. De forma técnica, se puede afirmar que dos series $I(1)$ son cointegradas si existe una combinación lineal entre ellas que genere un proceso estacionario $I(0)$ (Wooldridge, 2010).

Adicionalmente, se estimará la prueba de cointegración de Johansen (1990), con el fin de obtener resultados más robustos sobre la relación de largo plazo que se pueda presentar entre variables. La prueba de Johansen (1990) contrasta la existencia de múltiples vectores de cointegración entre las variables, mediante la prueba de la Traza y del Eigenvalor Máximo. Ambas pruebas contrastan la hipótesis nula de que no existen vectores de cointegración, es decir, que no hay

más de r relaciones de cointegración, frente a la hipótesis alternativa de que el número de ecuaciones de cointegración es estrictamente más grande que la r asumida bajo la hipótesis nula.

4.2.3 Prueba de Causalidad

Si las pruebas de cointegración indican que las series bajo análisis están cointegradas, esto excluye la posibilidad de correlación espuria y además confirma la existencia de una relación de causalidad a largo plazo entre variables, sin embargo, no determina la direccionalidad.

Para ello, se sigue el teorema de representación de Granger, el cual determina la posibilidad de examinar dicha direccionalidad a partir de la estimación de un modelo de vector de corrección de errores (VECM), exclusivamente si las series bajo estudio son integradas del mismo orden $I(d)$. Esto elimina la posibilidad de estimar un modelo autorregresivo (VAR) para determinar causalidad entre variables, ya que este no se especifica en términos de cointegración (Ruiz Fuensanta, 2010).

El término de error que se desprende de la prueba de cointegración se interpreta como el desequilibrio o las distorsiones que se presenta entre las series en cada periodo de tiempo. Tomando como referencia dicha perturbación el VECM corrige la distorsión y estima la tendencia de ajuste que se produce en cada serie para restablecer el equilibrio en el largo plazo.

La prueba de causalidad formulada bajo el entorno de un VECM, postula que los impactos de una variable Y (variable dependiente) respecto de otra variable X (variables explicativas) pocas veces son instantáneos. Con frecuencia Y responde a X en un periodo de tiempo, el cual se busca capturar a partir de los rezagos en el modelo (Granger & Lee, 1989).

4.2.4 Prueba fuerte de causalidad de Granger

La prueba fuerte de causalidad de Granger examina la significancia combinada de los coeficientes de largo y corto plazo expresados por β_{it} y δ_{it} en las ecuaciones del modelo VECM, es decir, especifica si los factores rezagados funcionan como motor para restablecer el equilibrio de largo plazo.

La prueba permite en grado suficiente incorporar la heterogeneidad no observable en el panel de datos, al contrastar la hipótesis conjunta de $H_0: \beta=0$ y $\delta=0$ para todo i . La prueba estándar de Wald (chi cuadrada) puede utilizarse para contrastar dichas hipótesis. Al incorporar los coeficientes de corto y largo plazo la prueba fuerte de causalidad de Granger puede mejorar los resultados del VECM (Baker, et al., 2015).

4.2.5. Modelos autorregresivos (VAR)

Como se ha discutido en apartados anteriores, las propiedades estadísticas de la muestra condicionan el marco metodológico a seguir para analizar la vinculación entre variables. Si las pruebas de raíz unitaria expuestas en el apartado (4.2.1) indican que las series de PBI y PAS no presentan el mismo orden de integración, el análisis de causalidad tendrá que desarrollarse bajo un marco de modelos de vectores autorregresivos (VAR) (Aldonat Beyzatlar, et al., 2014), ya que en el modelo puede incluirse variables con tendencia determinista, variables estacionales o variable de tipo impulso (Novales, 2014).

La aplicación de modelos VAR en series de tiempo o panel de datos representan una práctica frecuente en los análisis de causalidad predictiva, el cual se desarrolla a través de un sistema de ecuaciones simultáneas, permitiendo la predicción conjunta de varias series que pueden estar relacionadas entre sí (Gujarati y Porter, 2010).

En los modelos de ecuaciones simultáneas se producen más de una ecuación de regresión, una por cada variable independiente, por lo que es necesario distinguir entre variables endógenas y exógenas en el modelo. Además, la estimación de ecuaciones simultáneas requiere cumplir con las condiciones de identificabilidad.

Como alternativa a dicho enfoque Sims (1980) propone la modelización de un VAR, el cual evita la imposición derivada de la estimación e identificación de un modelo econométrico, ya que se sugiere que si existe una verdadera simultaneidad entre un conjunto de variables no debería existir ninguna distinción a priori entre endógenas y exógenas, todas deberían tratarse en igualdad de condiciones.

De esta manera un modelo VAR está formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida sin restringir. Que sean ecuaciones de forma reducida nos indica que el conjunto de variables explicativas en cada ecuación está constituido por un conjunto de rezagos en cada una de las variables y que sean ecuaciones no restringidas significa que aparece en cada una de ellas las mismas variables (Novales, 2014).

En forma complementaria, el modelo VAR identifica las relaciones dinámicas entre variables a través de la construcción de funciones impulso-respuesta, las cuales recogen la reacción de las variables ante shocks externos no anticipados a través del componente de la perturbación aleatoria *uit*.

5. Resultados empíricos

5.1 Resultados de la prueba de raíz unitaria

El teorema de representación de Granger sugiere que para poder especificar un modelo econométrico que busque integrar dos variables en base a sus resultados a lo largo del tiempo, es necesario conocer sus propiedades estacionarias. Para cumplir con dicha condición preliminar y obtener resultados concisos se analiza el orden de integración de las variables de interés (PBI y PAS), mediante la prueba de raíz unitaria.

Luego del proceso de desestacionalización (lnPBI y lnPAS), podemos observar una tendencia creciente en ambas variables, lo cual nos hace pensar en la posibilidad de que se encuentran cointegradas. En el Cuadro N° 04 observamos que, claramente existe raíz unitaria en ambas variables, debido a que “no se rechaza” la hipótesis nula (H_0):

Cuadro N° 04
Prueba de Raíz Unitaria: Variables en niveles

H_0 : Existe raíz unitaria	PBI		PAS	
	t-stat	p-value	t-stat	p-value
Dickey-Fuller Aumentado	-1.947	0.6134	-2.481	0.3354
Phillips-Perron	-2.093	0.5351	-2.648	0.2621
H_0 : Existe estacionaridad	t-stat	valor al 5%	t-stat	valor al 5%
KPSS*	0.205	0.146	0.179	0.146

(*) Si el valor estimado es mayor al valor crítico, se rechaza H_0
Elaboración propia.

Para saber el orden de integración de las variables, debemos diferenciarlas hasta llegar al punto de que se vuelvan series estacionarias. En el Cuadro N° 05 podemos observar que, tomando primeras diferencias a ambas variables, se vuelven estacionarias. Por lo tanto, el Producto Bruto Interno (PBI) y el Tráfico de Pasajeros (PAS) están integradas de orden uno.

Cuadro N° 05
Prueba Raíz Unitaria: Variables en primeras diferencias

H_0 : Existe raíz unitaria	PBI		PAS	
	t-stat	p-value	t-stat	p-value
Dickey-Fuller Aumentado	-4.195	0.0096	-3.743	0.0313
Phillips-Perron	-4.195	0.0096	-25.944	0.0000
H_0 : Existe estacionaridad	t-stat	valor al 5%	t-stat	valor al 5%
KPSS*	0.0548	0.1460	0.1888	0.1460

(*) Si el valor estimado es menor al valor crítico, no se rechaza H_0
Elaboración propia.

$$PBI \sim I(1) \quad \wedge \quad PAS \sim I(1)$$

Como regla general, las series de tiempo no estacionarias no deberían ser usadas en modelos de regresión para evitar el problema de estimadores espurios. Sin embargo, si tenemos dos variables integradas de orden 1, alguna combinación de ellas producirían procesos estacionarios $I(0)$, entonces se puede afirmar que las series están cointegradas.

Por lo tanto, es posible concluir que ambas variables son integradas del mismo orden, lo que sugeriría exponerlas a pruebas de cointegración.

5.2 Resultados de las pruebas de cointegración

Con el fin de evaluar la existencia de cointegración entre las series $I(1)$, Engle y Granger (1987) proponen un procedimiento de dos etapas para analizar la existencia de una relación de cointegración. Johansen y Juselius (1990) proponen un enfoque más general que tiene la ventaja de probar todas las posibles relaciones de cointegración existentes entre las variables.

Por otro lado, Banerjee, et al. (1993) señala que buscar una relación de cointegración es equivalente a buscar una relación estadística de equilibrio que tiende a ser más consistente con el tiempo. Un Modelo de Vector de Corrección de Error (VECM) puede modelar la discrepancia de este equilibrio, por lo que un VECM puede ayudar a mostrar cómo las variables retornan al equilibrio después de sufrir algún tipo de perturbación.

Necesitamos obtener el número óptimo de rezagos para las estimaciones posteriores. Se utilizan los criterios de información más importantes: Bayesiano (SBIC), Hannan-Quinn (HQIC) y Akaike (AIC). En el Cuadro N° 06 se determina el número de rezagos óptimos según los criterios de información. Para propósitos de nuestro modelo bivariado, se utilizará el número de rezagos óptimos según el criterio de información bayesiano, que sería un (01) rezago.

Cuadro N°06
Número óptimo de rezagos

Número de rezagos	HQIC	SBIC	AIC
0	-9.071575	-9.018424	-9.102013
1	-14.93832	-14.77887*	-15.02963
2	-15.03053*	-14.76477	-15.18272
3	-14.84748	-14.47542	-15.06055
4	-14.70230	-14.22395	-14.97625
5	-14.92030	-14.33565	-15.25512*

(*) Rezagos óptimos de los diferentes criterios de información
Elaboración propia.

Con la finalidad de analizar la existencia de una o más relaciones de largo plazo entre las variables (PBI y PAS), se procede a utilizar el método de Johansen. Teniendo el número óptimo de rezagos se realiza la prueba de traza (Trace test) para determinar el número de ecuaciones de cointegración.

Por su parte, en el Cuadro N° 07 se presentan los resultados de la prueba de cointegración de Johansen, cual indica que existe una relación de cointegración bajo una tendencia lineal con intercepto y tendencia.

Cuadro N° 07
Test de Cointegración: Johansen

Tendencia de Datos:	Ninguno	Ninguno	Lineal	Lineal	Cuadrática
Número de Ecuaciones de Cointegración	No intercepto No Tendencia	Intercepto No Tendencia	Intercepto No Tendencia	Intercepto Tendencia	Intercepto Tendencia
0	42.87294	42.87294	42.85283	42.85283	42.81913
1	42.87270	42.96491	43.01362	42.76839*	42.78557
2	43.23680	43.32592	43.32592	43.07906	43.07906

Elaboración propia.

Dado que la cointegración por sí sola no indica la relación de causalidad, Engle & Granger (1987) proponen una prueba para estudiar la causalidad que puede surgir de un modelo VAR; sin embargo, el hecho de que las variables estén cointegradas invalida dicha aplicación. Toda & Yamamoto (1995) sugieren un proceso alternativo estimando un modelo VAR con $(k+d_{max})$ rezagos, donde k es el número de rezagos óptimos y d_{max} es el máximo orden de cointegración que puede ser esperado. Puesto que, en nuestro caso, $k = 1$ es el número óptimo de rezagos y $d_{max} = 1$ es el número de ecuaciones de cointegración encontradas, el procedimiento de Toda & Yamamoto sugiere utilizar 2 rezagos en la prueba de causalidad de Granger. El sistema de ecuaciones que representa el modelo VAR es el siguiente:

$$\ln PBI_t = \alpha + \beta_1 \ln PBI_{t-1} + \beta_2 \ln PBI_{t-2} + \beta_3 \ln PAS_{t-1} + \beta_4 \ln PAS_{t-2} + s_{1t}$$

$$\ln PAS_t = \lambda + \gamma_1 \ln PAS_{t-1} + \gamma_2 \ln PAS_{t-2} + \gamma_3 \ln PBI_{t-1} + \gamma_4 \ln PBI_{t-2} + s_{2t}$$

En ese sentido, la hipótesis nula de que el Número de Pasajeros (PAS) no causa (en sentido Granger) al PBI es $H_0: \beta_3 = \beta_4 = 0$; la hipótesis nula de no-causalidad del PBI al número de pasajeros es $H_0: \gamma_3 = \gamma_4 = 0$. Estas hipótesis fueron probadas utilizando el estadístico F. El Cuadro N° 08 muestra los resultados para ambas variables.

Cuadro N° 08
Prueba de Causalidad: Engle y Granger ajustada

Hipótesis Nula (H_0)	F-stat	Probabilidad
PBI real no causa en el sentido de Granger a Pasajeros	2.22426	0.0778
Pasajeros no causa en el sentido de Granger al PBI real	4.24001	0.0049

Elaboración propia.

Los resultados de la prueba de causalidad muestran que existe una relación bidireccional entre las variables, es decir, un incremento en el PBI causa una expansión en el número de pasajeros aeroportuarios, y a su vez, un incremento en el número de pasajeros aeroportuarios causa una expansión en el PBI. La causalidad bidireccional que existe entre estas dos variables implica que es necesario incentivar la infraestructura de transporte aeroportuaria en aras de tener una economía con mayor crecimiento y que éste sea sostenido en el tiempo.

Continuando con la relación de equilibrio de largo plazo entre el PBI y el número de pasajeros aeroportuarios (PAS), se estimó el VECM representado en la ecuación (01). El resultado indica la existencia de cointegración entre el Producto Bruto Interno (PBI) y el tráfico de Pasajeros

Aeroportuarios (PAS), lo que confirma la relación positiva esperada entre las variables.

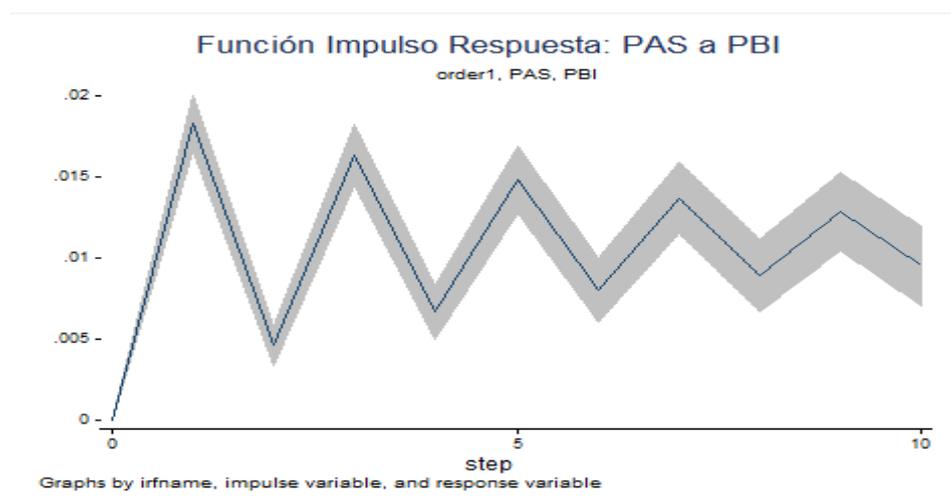
$$\ln PAS_t = (0.4276) * \ln PBI \dots(01)$$

Al conocer el sentido bidireccional de las variables analizadas, se estimaron las funciones de respuesta al impulso (IRF) con el objetivo de evaluar la intensidad en el que el tráfico de pasajeros aeroportuarios afecta al crecimiento económico y viceversa. Como los shocks estructurales son estandarizados a impulsos de 1%, el eje vertical indicará la variación porcentual de la variable que responde ante un impulso de 1% de la otra variable, bajo un intervalo temporal de 10 trimestres. Los resultados se pueden visualizar en los Gráficos N°05 y 06.

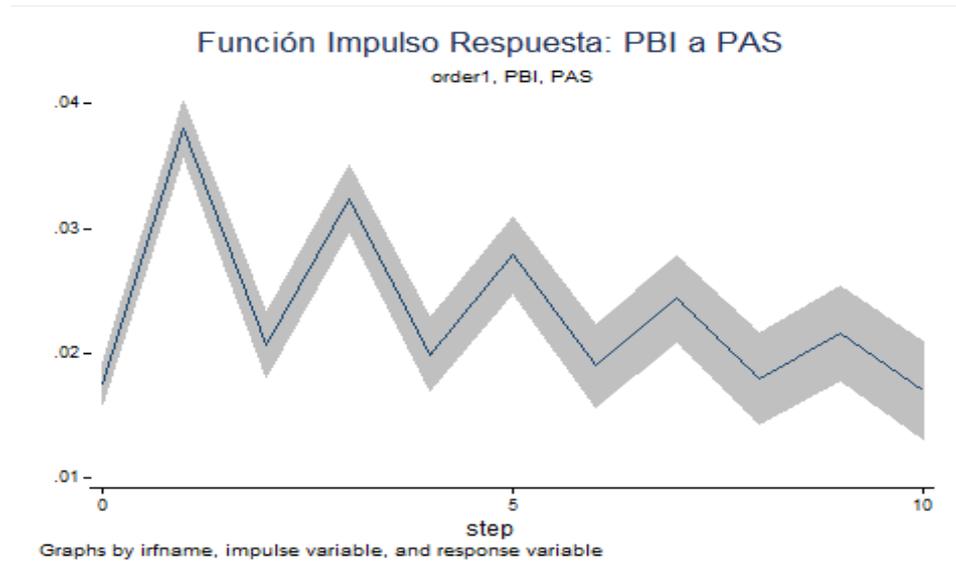
El Gráfico N° 05 muestra la respuesta del producto bruto interno ante el shock de uno por ciento (1%) del tráfico de pasajeros aeroportuarios. Como se explicó anteriormente, y se demuestra en el gráfico, la relación entre el tráfico de pasajeros aeroportuarios y el producto bruto interno es positiva. Se observa que en el primer trimestre se da la mayor del PBI ante el shock de PAS, siendo alrededor de 0.018%. En el siguiente periodo se reduce el impacto del shock, llegando a ser 0.005%. Así, en cada periodo siguiente se alternan efectos altos y bajos, pero siempre positivos; mientras más periodos alcanza el impulso, los picos se van suavizando (smoothing) y diluyendo.

El Gráfico N° 06 muestra la respuesta del tráfico de pasajeros aeroportuarios ante el shock de uno por ciento (1%) del producto bruto interno. En este gráfico nuevamente se demuestra que la relación entre ambas variables es positiva. A diferencia del gráfico anterior, el impulso del PBI hace que la variable PAS tenga una variación más significativa. En el primer periodo se observa una respuesta cercana al 0.04%, mientras que en el segundo periodo el efecto disminuye, pero se mantiene positivo, en alrededor de 0.02%; al igual que el gráfico anterior, a mayores trimestres el efecto del impulso va disminuyendo con tendencia a disiparse totalmente.

Gráfico N° 05
Dinámica de las Variables: IRF



Gráfica N° 06
Dinámica de las Variables: IRF



Podemos indicar, ante los resultados descritos, que las variables tienen reacciones simétricas, pero en toda circunstancia es positiva. Un incremento en el tráfico de pasajeros aeroportuarios producido por un shock del producto bruto interno tiene mayor repercusión.

6. Conclusiones

El análisis de una posible relación de equilibrio de largo plazo entre el tráfico de pasajeros aeroportuarios y el crecimiento económico en el Perú es fundamental para poder determinar objetivos de política que logren alcanzar una mayor eficiencia en la infraestructura de transporte aéreo y, por ende, un mayor crecimiento y desarrollo de la economía peruana. En presente trabajo se determina la relación de largo plazo entre el tráfico de pasajeros aeroportuarios y el crecimiento económico, bajo un enfoque de Modelos Vectores de Corrección del Error (VECM) y el impacto de dichas variables a sí mismas a través de las funciones impulso-respuesta (IRF).

- ✓ Existe una relación de equilibrio de largo plazo entre el tráfico de pasajeros aéreos y el crecimiento económico peruano. Esta primera conclusión va acorde a los resultados de otros países, tales como Brasil (Fernandes & Pacheco (2010) ; Marazzo, et al. (2010)), Chile (Brindis, Mejía- Alzate & Aguirre (2015)), Estados Unidos (Chi & Baek (2013)), Australia (Baker, Merkert & Kamruzzaman (2015)), Japón (Yamaguchi (2007)) y el Sur Asiático (Hakim & Merkert (2016)).
- ✓ Se obtiene como resultado una causalidad bidireccional entre el tráfico de pasajeros aeroportuarios y el crecimiento económico, lo cual coincide con la mayoría de documentos, excepto los de Brasil, lo cual no encontraron causalidad alguna. Este resultado indica que es necesario incentivar la infraestructura de transporte aeroportuaria para una mejora en el crecimiento económico y viceversa, teniendo así un impacto positivo y permanente para ambas variables.
- ✓ Se analiza, mediante las funciones de impulso-respuesta, las interacciones dinámicas entre el tráfico de pasajeros aeroportuarios y el crecimiento económico. Los shocks de ambas variables son positivos, lo cual demuestra que la relación entre crecimiento económico y tráfico de pasajeros aeroportuarios es directa. La respuesta al impulso es simétrica, siendo el impulso del PBI a PAS el de mayor impacto.

7. Limitaciones del Estudio

Las limitaciones del presente estudio se basa en lo siguiente:

- ✓ El periodo de tiempo. Este factor es un primer limitante de la investigación. Las variables relacionadas al transporte aéreo tienen poca dimensión temporal a comparación de las variables macroeconómicas. El tener una mayor cantidad de datos haría más eficiente el modelo.
- ✓ Restricciones de variables. La mayor cantidad de variables de los distintos aeropuertos del Perú, que pueden ser fundamentales para un análisis más exacto y eficiente, son confidenciales, lo cual se limita mucho su uso.
- ✓ La metodología empleada. Se pueden incluir metodología econométricas más avanzadas en el cual puedan brindar una estimación más precisa. Se puede utilizar alternativas distintas a la Causalidad de Granger, como el modelo de causalidad Granger-Geweke.

ANEXOS

Metodología

Filtro Baxter-King

El Filtro Baxter - King consiste en un método de extracción de ciclos de las series económicas que se caracteriza por permitir al investigador definir el tipo de ciclo que presenta la variable a analizar⁷. La representación general del ciclo es el siguiente:

$$b(B) = \sum_{h=-\infty}^{\infty} b_h B^h$$

En donde B es el operador de rezagos, y b_h son los ponderadores móviles infinitos. Dichos ponderadores, a su vez, se obtienen mediante la transformación inversa de Fourier:

$$b_h = \int_{-\pi}^{\pi} \beta(w) e^{iwh} dw$$

En donde $\beta(w)$ es la ponderación ideal del filtro infinito. El filtro Baxter-King cumple con la mayor parte de las características de un filtro ideal, en el sentido de que no varía las propiedades inherentes a los datos, produce series estacionarias, no ocasiona movimientos de fase y es operacional. Sin embargo, al utilizar promedios móviles centrados truncados en el rezago k, se pierde k datos al inicio y al final de la muestra.

Metodología X12 ARIMA

Es un método basado en promedios móviles, los cuales se sustentan en el dominio del tiempo o en el de frecuencias y logra el ajuste estacional con el desarrollo de un sistema de los factores que explican la variación estacional de una serie. Según Dagum (1988), Hernández (1999), y U.S. Census Bureau (2000), el procedimiento X12 ARIMA actúa a través de las siguientes etapas⁸:

- ✓ Eliminación automática de valores atípicos (outliers), y tratamiento de los efectos calendario.
- ✓ Extensión de la serie anterior con predicciones, para lo cual prueba cinco modelos ARIMA en forma secuencial.
- ✓ Aplicación de la serie extendida de los filtros de media móviles y Henderson del X11 para obtener los componentes estacionales, tendencia-ciclo e irregular⁹.

Criterios de Información

Cuando se analiza la relación entre varias variables o se intentan predecir los valores de alguna magnitud, es poco frecuente que se conozca el modelo verdadero que ha generado la información muestral disponible. Lo más usual es que se especifique un modelo aproximado y se estimen sus parámetros o que se consideren un conjunto de posibles “alternativos”.

⁷ El Filtro Baxter-King, Metodología y Aplicaciones - Melania Flores (2001).

⁸ Desestacionalización X12-ARIMA - Juan M. Cortez (2008)

⁹ El método de desestacionalización X11 emplea medias móviles para estimar los principales componentes de una serie: la tendencia ciclo y la estacionalidad. Este método permite realizar una estimación no paramétrica del componente estacional con la ayuda de medias móviles.

Los criterios de información constituyen una de las herramientas básicas para la selección de modelos de estadística y econometría. Su objetivo es calcular una medida que indique qué tan próximos están los modelos alternativos al verdadero modelo generador de datos, lo que permite seleccionar como “óptimo” aquel cuyo valor del criterio de información sea más pequeño. A continuación, se presentan los criterios de información más utilizados.

Criterio de Información de Akaike (AIC)

Es una medida de la bondad de ajuste de un modelo estadístico. Se puede decir que describe la relación entre el sesgo y la varianza en la construcción del modelo. En general, el AIC se define como:

$$AIC = 2k - 2 * \ln(L)$$

Donde:

- ✓ k : Número de parámetros.
- ✓ $\ln(L)$: Función de log-verosimilitud para el modelo estadístico.

Cuando el tamaño de la muestra es relativamente grande y el número de parámetros es comparativamente pequeño, este criterio constituye un estimado aproximadamente insesgado de la “distancia” entre el modelo estimado y el verdadero, siendo deseable que tome un valor pequeño.

Criterio de Información de Schwarz o Bayesiano (BIC)

Es una medida de bondad de ajuste de un modelo estadístico, y es a menudo utilizado como un criterio para la selección de modelos. Se basa en la función de probabilidad logarítmica y está estrechamente relacionado con el criterio de información de Akaike.

El criterio BIC introduce un término de penalización para el número de parámetros en el modelo, siendo la pena mayor que en el AIC. En general, BIC es definido como:

$$BIC = k * \ln(n) - 2 * \ln(L)$$

Donde:

- ✓ K : Número de parámetros del modelo.
- ✓ $\ln(L)$: Función de log-verosimilitud para el modelo estadístico.

Criterio de Información Hannan-Quinn (HQIC)

Al igual que los dos criterios anteriores, es una medida de bondad de ajuste de un modelo estadístico que no se basa en la función de log-verosimilitud. Al igual que en el AIC, el HQIC introduce un término de penalización para el número de parámetros en el modelo, pero la pena es mayor que el AIC. En general, el HQIC se define como:

$$HQIC = n \times \ln \frac{RSS}{n} + 2 \times k \times \ln(\ln n)$$

- ✓ n : Número de observaciones.
- ✓ k : Número de parámetros del modelo.
- ✓ RSS : Suma residual de cuadrados que resultan del modelo estadístico.

El criterio HQIC, como BIC, pero a diferencia de AIC, no es asintóticamente eficiente. Es importante tener en cuenta que el HQIC puede ser utilizado para comparar los modelos estimados sólo cuando los valores numéricos de la variable dependiente son idénticos para que todas las estimaciones sean comparadas.

Cointegración

La existencia de una correlación entre dos variables no implica causalidad, es decir, que una variable se correlacione con otra no implica siempre que una de ellas sea la causa de las alteraciones en los valores de otra. Debido a que se dispone de datos temporales, Granger (1969) fue el primero en proponer un test de causalidad, bajo el criterio de que el futuro no puede afectar al pasado, sino en cualquier caso podría ser al revés. La noción de cointegración se basa fundamentalmente en el documento de Engle & Granger (1987).

Supongamos que dos variables temporales x_t y y_t son integradas de orden 1 ($I(1)$). Se dice que dichas variables están cointegradas cuando puede practicarse una regresión lineal o no lineal de lo siguiente:

$$y_t = a + bx_t + u_t$$

Generalmente, el resultado tendrá un buen ajuste. Lo que debe suceder es, que los residuos $u_t = y_t - a - bx_t$, sea $I(0)$. Es decir, requisitos para definir la cointegración son:

- ✓ Que dos variables sean estacionarias del mismo orden.
- ✓ Que exista una combinación lineal de ambas el cual sea estacionaria $I(0)$.

Cuando ambas condiciones se cumplen, decimos que las variables analizadas están cointegradas. Cointegración significa que existe una relación de largo plazo entre las variables (PBI y PAS). En definitiva, si x_t y y_t están cointegradas, significa que, ambas variables tienen el mismo comportamiento a través del tiempo t , de forma que el error entre ambas no crece. Es decir, si en la regresión $y = a + bx + u$, u es estacionaria $I(0)$, entonces b es superconsistente.

Test de Cointegración – Johansen

Para determinar si un grupo de series no estacionarias están cointegradas y, si es así, determinar las ecuaciones de cointegración (equilibrio de largo plazo), se utiliza el test de cointegración elaborado por Johansen (1988). Este autor analiza las restricciones impuestas por la cointegración de las series incluidas en un modelo VAR no restringido.

El planteamiento teórico de la propuesta de Johansen considera un modelo VAR de orden p :

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + Bx_t + s_t$$

Donde y_t es un vector de k variables no estacionarias, $I(1)$, x_t es un vector de d variables deterministas, y s_t es un vector de innovaciones.

Respecto al número de relaciones de cointegración, si tenemos k variables endógenas, cada una de las cuales con raíz unitaria, puede haber desde cero hasta $k - 1$ relaciones de cointegración. Si no existe ninguna relación de cointegración, cualquier método de análisis de series temporales, como por ejemplo los modelos VAR sin restricciones, puede aplicarse a las primeras diferencias de datos.

Modelos VAR

Utilizamos un modelo del tipo autorregresivo (VAR) cuando queremos caracterizar las interacciones simultáneas entre un grupo de variables. Un modelo VAR es muy útil cuando existe evidencia de simultaneidad entre un grupo de variables, y que sus relaciones se transmiten a lo largo de un determinado número de periodos. La expresión general de un modelo VAR vendría dada por la siguiente especificación:

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \beta x_t + s_t$$

Donde y_t es un vector con g variables explicadas, x_t es un vector de k variables que explican adicionalmente a las anteriores, los coeficientes α y β son matrices de coeficientes a estimar, y s_t es un vector de perturbaciones aleatorias. La principal motivación detrás de los modelos VAR es la dificultad en identificar variables como exógenas, como es preciso hacer para identificar un modelo de ecuaciones simultáneas.

Modelos VEC

Un modelo vector de corrección de error (VEC) es un modelo VAR restringido (habitualmente con sólo dos variables) que tiene restricciones de cointegración incluidas en su especificación, por lo que se diseña para ser utilizado con series que no son estacionarias, pero de las que se sabe que son cointegradas.

El principio detrás de este modelo es que existe una relación de equilibrio a largo plazo entre variables económicas y que, sin embargo, en el corto plazo puede haber desequilibrios. Con los modelos de corrección de error, una proporción del desequilibrio de un periodo es corregido gradualmente a través de ajustes parciales en el corto plazo.

El modelo VEC tiene relaciones de cointegración integradas en la especificación, de modo que restringe el comportamiento a largo plazo de las variables endógenas para converger a sus relaciones de cointegración, al tiempo que permite dinámicas de ajuste a corto plazo.

A modo de ejemplo, se considera un sistema de dos variables con una ecuación de cointegración y sin términos de diferencia rezagada. La ecuación de cointegración es:

$$y_{2,t} = \beta y_{1,t}$$

El modelo VEC correspondiente es:

$$\Delta y_{1,t} = \alpha_1 (y_{2,t-1} - \beta y_{1,t-1}) + s_{1,t}$$

$$\Delta y_{2,t} = \alpha_2 (y_{2,t-1} - \beta y_{1,t-1}) + s_{2,t}$$

En este modelo, la única variable del lado derecho es el término de corrección de error. En el equilibrio de largo plazo, este término es cero. Sin embargo, si y_1 y y_2 se desvían del equilibrio a largo plazo, el término de corrección de error será distinto de cero y cada variable se ajustará para restablecer parcialmente la relación de equilibrio. El coeficiente α_i mide la velocidad de ajuste de la i -ésima variable endógena hacia el equilibrio.

Bibliografía

1. Arvis, J. F., & Shepherd, B. (2011). The air connectivity index: measuring integration in the global air transport network. *The World Bank*.
2. Baker, D., Merkert, R., & Kamruzzaman, M. (2015). Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in Australia. *Journal of Transport Geography* 43, 140-150.
3. Brindis, M. A. R., Mejía-Alzate, M. L., & Aguirre, S. Z. (2015). La causalidad entre el crecimiento económico y la expansión del transporte aéreo: un análisis empírico para Chile. *Revista de economía del Rosario*, 18(1), 127-144.
4. Button, K., & Taylor, S. (2000). International air transportation and economic development. *Journal of air transport management*, 6(4), 209-222.
5. Chang, Y. H., & Chang, Y. W. (2009). Air cargo expansion and economic growth: Finding the empirical link. *Journal of Air Transport Management*, 15(5), 264-265.
6. Chi, J., & Baek, J. (2013). Dynamic relationship between air transport demand and economic growth in the United States: A new look. *Transport Policy*, 29, 257-260.
7. Coto-Millán, P., Agüeros, M., Casares-Hontañón, P., & Pesquera, M. Á. (2013). Impact of logistics performance on world economic growth (2007–2012). *World Review of Intermodal Transportation Research*, 4(4), 300-310.
8. Enders, W. (2008). *Applied econometric time series*. John Wiley & Sons.
9. Engle, R. F., & Granger, C. W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
10. Fernandes, E., & Pacheco, R. R. (2010). The causal relationship between GDP and domestic air passenger traffic in Brazil. *Transportation Planning and Technology*, 33(7), 569-581.
11. Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 424-438.
12. Graham, A. (2000). Demand for leisure air travel and limits to growth. *Journal of Air Transport Management*, 6(2), 109-118.
13. Green, R. K. (2007). Airports and economic development. *Real estate economics*, 35(1), 91-112.
14. Hakim, M. M., & Merkert, R. (2016). The causal relationship between air transport and economic growth: Empirical evidence from South Asia. *Journal of Transport Geography*, 56, 120-127.
15. Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of economic dynamics and control*, 12(2-3), 231-254.

16. Liu, H., & Rodríguez, G. (2006). Unit root tests and structural change when the initial observation is drawn from its unconditional distribution. *The Econometrics Journal*, 9(2), 225-251.
17. Marazzo, M., Scherre, R., & Fernandes, E. (2010). Air transport demand and economic growth in Brazil: A time series analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(2), 261-269.
18. Tinoco, J. K., & Sherman, B. W. (2014). Something old is new again: airline-airport consortia and key stakeholder benefits. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 5(1), 1.
19. Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of econometrics*, 66(1-2), 225-250.
20. Yamaguchi, K. (2007). Inter-regional air transport accessibility and macro-economic performance in Japan. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(3), 247-258.



© **OSITRAN**

Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público.
Jefatura de Contratos Aeroportuarios.
Calle Los Negocios 182 Piso 4, Surquillo, Lima – Perú.

Documento de Trabajo - La Causalidad entre el Crecimiento Económico y la Expansión del Transporte
Aéreo: Un Análisis Empírico para Perú

Colaboradores:

Danilo Campos Flores

Jefe de Contratos Aeroportuarios
Gerencia de Supervisión y Fiscalización - OSITRAN

Cristian R. Ortiz Varias

Supervisor Económico Financiero II
Gerencia de Supervisión y Fiscalización - OSITRAN

“El presente documento son de responsabilidad exclusiva de los autores. Remitir sus comentarios
y/o sugerencias a: cortiz@ositran.gob.pe y dcampos@ositran.gob.pe”