

Evaluaciones de impacto de Asociaciones Público Privadas en el Perú

Un trabajo conjunto para la generación
de evidencia en 6 sectores de
infraestructura y servicios públicos



**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

Evaluaciones de impacto de asociaciones público-privadas en el Perú. Un trabajo conjunto para la generación de evidencia en 6 sectores de infraestructura y servicios públicos / Julio Aguirre, Jose Luis Bonifaz, Víctor Chang, Alex Flores, Iván Lucich, Axel Vega, Daniel Mallma; editores, Miryam Banda Méndez, Ancor Suarez-Alemán.

p. cm. — (Monografía del BID ; 1284)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Public-private sector cooperation-Evaluation-Peru. 2. Infrastructure (Economics)-Evaluation-Peru. I. Aguirre, Julio. II. Bonifaz, José Luis. III. Chang, Víctor. IV. Flores, Alex. V. Lucich, Iván. VI. Vega, Axel. VII. Mallma, Daniel. VIII. Banda Méndez, Miryam, editora. IX. Suárez-Alemán, Ancor, editor. X. Banco Interamericano de Desarrollo. Sector de Infraestructura y Energía. XI. Serie.

IDB-MG-1284

Palabras clave: Asociaciones Público-Privadas, infraestructura, evaluación de impacto, contratos APP, puertos, carreteras, telecomunicaciones, saneamiento, salud, metros.

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons CC BY 3.0 IGO

(<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/legalcode>). Se deberá cumplir los términos y condiciones señalados en el enlace URL y otorgar el respectivo reconocimiento al BID.

En alcance a la sección 8 de la licencia indicada, cualquier mediación relacionada con disputas que surjan bajo esta licencia será llevada a cabo de conformidad con el Reglamento de Mediación de la OMPI. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil (CNUDMI). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones que forman parte integral de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Prefacio

Empecemos siempre por el lado positivo. América Latina y el Caribe es una región que ha experimentado un [progreso enorme a la hora de cerrar brechas de acceso](#) a servicios de infraestructura que resultan esenciales para el crecimiento económico y el progreso social, como el agua potable o la electricidad. Los sistemas de transporte urbano han mejorado sobremanera en gran parte de los países de la región. Una región, además, que ha hecho un enorme esfuerzo inversor durante las últimas décadas. América Latina y el Caribe se ha consolidado como la principal región en desarrollo del mundo en cuanto a participación privada en el desarrollo de infraestructura pública se refiere, superando los [USD 800,000 millones](#) en los últimos 30 años.

Sin embargo, los retos persisten. Mientras que el acceso ha mejorado considerablemente, las brechas de calidad y eficiencia aún están presentes. Está demostrado que la calidad de infraestructura de la región es [inferior](#) a la que debería ser dado su nivel de desarrollo. Asimismo, la evidencia señala que la región hace un uso ineficiente de los recursos públicos a la hora de desarrollar infraestructura, [malgastando uno de cada dos dólares invertidos](#) debido a ineficiencias tales como sobrecostos, retrasos, o mala planificación de los procesos. Y, al mismo tiempo, las necesidades de inversión crecen y crecen, así como lo hacen las demandas de nuestros ciudadanos por más y mejores servicios. Nuestros cálculos señalan que resulta necesario invertir un [70%](#) más que actualmente para cerrar las brechas existentes. En este contexto, explorar juntos (sector público y privado) mecanismos que permitan desarrollar infraestructura eficiente, con foco en la calidad de la prestación de los servicios, y optimizando el uso de los (escasos) recursos públicos, resulta vital.

Las Asociaciones Público-Privadas han resultado una herramienta fundamental para dar respuesta a dichos retos. En América Latina y el Caribe, el 80% de la participación privada en infraestructura pública se ha realizado a partir de contratos APP, que ponen su foco en el adecuado reparto de riesgos y en la medición del desempeño como mecanismo contractual. Su uso ha ido creciendo a medida que los entornos regulatorios e institucionales para APP se han ido sofisticando – como nos indica el [Infrascopio](#), en 15 años la región pasó de tener un solo país con todas las instituciones y reglamentaciones necesarias para el desarrollo eficiente y sostenible de APP, a casi una veintena (con diferentes ritmos) en la actualidad. Sólo en los últimos dos años, el mercado APP de la región creció un 15%, movilizando USD 160,000 millones a proyectos de transporte, agua, salud, energía, saneamiento, y educación, entre mucho otros.

Pero ¿es éste el propósito final de las APP? ¿Cómo medimos el éxito en el fomento de la participación privada en el desarrollo de infraestructura pública? Los recursos, la inversión y la movilización resultan solo un medio para un fin. Y el fin es proporcionar a la población servicios de calidad, confiables, eficientes, resilientes y que permitan maximizar las oportunidades de desarrollo, crecimiento económico, y progreso social. Para lograr ello, necesitamos evaluar en qué medida los proyectos APP están impactando positivamente en la vida de las personas, y en la competitividad de las economías. Y en esto queda mucho camino por recorrer. Hoy en día, sólo siete países de los veintiséis del Grupo BID poseen procesos de evaluación expost de proyectos, limitando la capacidad de aprender de proyectos pasados a la hora de plantear los futuros.

La Red de Evaluación y Buenas Prácticas en Asociaciones Público-Privadas (Red APP), coordinada por el BID junto con el sector público y la academia de la región, nació con el objetivo de contribuir al cierre de brechas a través del conocimiento práctico aplicado, fomentando rigurosos procesos y ejercicios de evaluación que permiten generar evidencia para la mejora continua en el desarrollo de infraestructura pública con participación privada mediante APP. El foco regional nos permite aprovechar el conocimiento y experiencia en América Latina y el Caribe para el beneficio de cada uno de los países de la región. Esto supone desarrollar un robusto acervo documental que permita ir generando evidencia sobre qué funciona y qué no en materia de proyectos de APP, con el propósito de mejorar la política pública de infraestructura en la región en general y el desarrollo de proyectos APP más eficientes y sostenibles en particular.

¿Y Perú? Perú constituye una de las principales economías de la región en cuanto al desarrollo de APP se refiere, tanto en términos cuantitativos – con una [cartera histórica de más de 140 proyectos APP adjudicados por más de USD 35 mil millones](#) – como cualitativo – como ha sido reconocido históricamente desde las primeras ediciones del Infrascopio hasta la actualidad, situándose en el grupo de entornos desarrollados junto a Brasil, Chile, Colombia y Uruguay. Además, el Perú ha sido uno de los pioneros en la región en APP de sectores no convencionales, contando con una planta desaladora y dos APP en el sector salud con servicios clínicos y no clínicos (“bata blanca”), además de una APP con servicios no clínicos que incluye laboratorio, imágenes, entre otros (“bata verde”).

¿Y en cuanto a evaluación en APP? Un pionero en la materia. ProInversión es la única agencia APP de la región que cuenta con una unidad enfocada exclusivamente al análisis de datos, investigación y evaluaciones de impacto, con el propósito de construir evidencia para la mejora de los proyectos y procesos APP futuros, denominada la Unidad de Análisis de Datos, Investigación e Inteligencia Estratégica (UADIIE). Esta unidad ha publicado a la fecha anuarios estadísticos, estudios de caso de proyectos APP de transporte, agua y saneamiento, energía y salud, documentos analíticos de evaluación de impacto de proyectos APP específicos y de impacto sectorial, entre otros.

Como muestra de ello, el presente documento compila seis trabajos de investigación que buscan cuantificar el impacto real o esperado de un fondo social asociado a un proyecto portuario, un conjunto de proyectos viales, un conjunto de proyectos regionales de telecomunicaciones de banda ancha, dos plantas de tratamiento de aguas residuales en regiones, dos proyectos de bata blanca en salud y un proyecto ferroviario de transporte urbano.

Finalizamos agradeciendo la participación activa de la Agencia de Promoción de la Inversión Privada – Proinversión, miembro pionero de la Red APP, y en especial a la UADIIE, por su compromiso con la generación de evidencia y más importante, por su firme propósito por desarrollar infraestructura de calidad que mejore el acceso a oportunidades para el pueblo peruano.

Miryam Banda Méndez y Ancor Suárez Alemán

Unidad de Asociaciones Público-Privadas del Departamento de Infraestructura y Energía

Banco Interamericano de Desarrollo

Índice

APP con rostro social:

Impacto del Fondo Social del Terminal Portuario de Salaverry	06
--	----

Una aproximación de los impactos de las concesiones viales en Perú:

Casos de las carreteras Buenos Aires–Canchaque, Longitudinal de la Sierra Tramo 2 y Tramo vial Dv. Quilca–La Concordia	33
--	----

Evaluación de impacto de los proyectos de transporte y acceso a internet de banda ancha en Perú

94

Impacto en la salud pública y beneficios económicos del tratamiento de las aguas residuales:

Análisis de los casos de las PTAR Cusco y Cajamarca	140
---	-----

APP como innovación en salud pública:

Descongestión de establecimientos de salud en Lima a través de los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton	172
---	-----

APP sobre rieles:

Ahorro de tiempo de viaje con la Línea 1 del Metro de Lima y Callao	209
---	-----

APP con rostro social: Impacto del Fondo Social del Terminal Portuario de Salaverry

Resumen

El objetivo del artículo es cuantificar el efecto que ha tenido la implementación de proyectos realizados por el Fondo Social Salaverry sobre la lucha contra la pandemia de la COVID-19, el déficit de educación básica, así como su impacto en la actividad económica. Para tal fin, se emplea un panel de datos con información anual entre el 2017 y 2022 de 10 distritos de la provincia de Trujillo para analizar los resultados en salud y actividad económica; y de 35 distritos del departamento de La Libertad para analizar los efectos sobre la educación urbana. Los impactos se calculan a través de la estimación del modelo de diferencias en diferencias y estos se complementan con la comparación bajo el método de control sintético. Los resultados evidencian que los proyectos implementados por el Fondo Social Salaverry tuvieron un impacto significativo en la reducción del número de defunciones en el contexto de la COVID-19, un incremento de la tasa de matrícula urbana y una mejora en la actividad económica.

Palabras clave: Fondo Social Salaverry, diferencias en diferencias, control sintético, contratos de APP.

Abstract

The objective of this article is to quantify the impact of projects implemented by the Salaverry Social Fund on combating the COVID-19 pandemic, addressing the deficit in basic education, and influencing economic activity. To this end, a panel dataset with annual information from 2017 to 2022 is used, covering 10 districts in the province of Trujillo to analyze outcomes in health and economic activity, and 35 districts in the department of La Libertad to examine the effects on urban education. The impacts are estimated using a difference-in-differences model, complemented by comparisons under the synthetic control method. The findings demonstrate that the projects implemented by the Salaverry Social Fund had a significant impact on reducing the number of deaths during the COVID-19 pandemic, increasing urban enrollment rates, and improving economic activity.

Keywords: Salaverry Social Fund, differences in differences, synthetic control, PPP contracts.

Los autores del presente trabajo de investigación son: Víctor Chang Rojas, Alex Flores Quispe y Axel Vega Romero. Este documento fue previamente publicado por Proinversión con los aportes derivados del proceso de revisión por pares, en el marco de la Red de Evaluación y Buenas Prácticas en APP (Red APP) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y está disponible en: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/1/JER/APP_ROSTRO_SOCIAL_SALAVERRY/Estudio-FOSS-Salaverry-Version-II.pdf

1. Introducción

La Agencia de Promoción de la Inversión Privada – ProInversión, ha desempeñado un papel fundamental dentro de la estructuración de los contratos de concesión bajo la modalidad de Asociación Público Privada - APP, al promover la incorporación de los fondos sociales a beneficio de la población de cada zona de influencia. Estos fondos no solo impulsan el bienestar de la población, sino que también fortalecen la aceptación de los proyectos con capital privado y fomentan un sentido de pertenencia en la sociedad.

Los fondos sociales emergen como un modo de inversión innovadora, orientado a la ejecución de proyectos y programas que buscan cerrar las brechas existentes en infraestructura y servicios, caracterizados por su agilidad y dinamismo, proporcionando una alternativa más eficiente en comparación con otros mecanismos de inversión tradicionales.

Actualmente, los fondos sociales se encuentra estructurados dentro de tres (3) contratos de concesiones portuarios; estos contratos consideran una retribución económica que proviene de un porcentaje de los ingresos totales percibidos por las concesionarias del Terminal Portuario de Multipropósito de Salaverry - TPMS, el Terminal Portuario General San Martín Paracas - TPGSM y el Terminal Portuario de Paita - TPP, que son retribuidos al Fondo Social Salaverry - FOSS, Fondo Social Paracas y Fondo Social Paita, respectivamente, para el financiamiento de proyectos y programas sociales en beneficio de la población de la zona de influencia.

Como resultado, las retribuciones económicas realizadas hasta el cierre del 2022 por parte del TPMS, TPGSM y TPP a sus fondos sociales ascendieron a más de S/ 15 millones, S/ 14 millones y S/ 42 millones respectivamente, las mismas que fueron distribuidas en los diversos programas y proyectos en beneficio de la población¹.

La recaudación de los fondos sociales impulsada por ProInversión ha contribuido en la relación puerto-ciudad, convirtiéndose en un proceso dinámico que involucra tanto a actores públicos como privados, así como la participación de la sociedad desempeñando un rol fundamental. La presencia de los fondos sociales dentro de los contratos de concesión no solo demuestra la responsabilidad social inherente a la inversión privada, sino que también actúa como un agente cohesionador en la relación entre el puerto y la ciudad. Esta inyección de recursos en proyectos y programas sociales ha creado sinergias que fortalecen el vínculo social y económico de la comunidad, contribuyendo así al crecimiento económico y a un desarrollo urbano sostenible. En este contexto, la relación puerto-ciudad se erige como un modelo ejemplar de colaboración, donde la inversión privada no solo impulsa el progreso económico, sino que también cultiva un lienzo social más sólido y equitativo.

El proyecto de modernización y desarrollo del TPMS, ubicado en el distrito de Salaverry de la provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, representa un proyecto emblemático bajo la modalidad de APP que permite contribuir a la relación puerto-ciudad a través del FOSS. Dado que, los proyectos llevados a cabo a través de estos programas permiten atender muchas de las necesidades básicas de la población del distrito de Salaverry.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI en el 2018, el departamento de La Libertad presentaba un nivel de pobreza del 20,8 %, ubicándose como uno de los departamentos más pobres de la macrorregión norte del Perú. Esta situación se traduciría en una población con un acceso limitado o nulo a servicios básicos, oportunidades de desarrollo limitadas y bajos niveles de bienestar. Por lo tanto, se hizo imperativo implementar un mecanismo que contribuyera a reducir el déficit de infraestructura en la zona de influencia

¹Información proporcionada por la Autoridad Portuaria Nacional.

del proyecto y, en consecuencia, mejorar la calidad de vida de la población.

En el marco de la concesión del proyecto del TPMS bajo la modalidad de APP, ProInversión ha desempeñado un papel activo al incorporar una retribución económica del 3 % de los ingresos del concesionario, destinados al FOSS. Este fue creado en el 2019 con el propósito de financiar los proyectos y programas de carácter social, incluyendo iniciativas en los campos de la salud y la educación, entre otros, en beneficio de la población de la zona de influencia.

Una vez establecido el FOSS, se llevó a cabo un proceso de relevamiento de las necesidades de la población en el área de influencia, identificando carencias en infraestructura hospitalaria, educativa, vial y equipamiento, entre otras áreas. Como resultado, desde marzo del 2020 se llevaron a cabo las gestiones necesarias para la implementación y financiamiento de diversos proyectos y programas impulsados por el FOSS, generando un impacto social positivo en la zona de influencia del proyecto.

Una característica fundamental de la concesión del TPMS es que es autofinanciada; es decir, el Estado no realiza desembolsos para la materialización de las inversiones realizadas. La ejecución de los programas y proyectos a través del financiamiento del FOSS resulta más eficiente y supera las barreras burocráticas que suelen enfrentar las entidades gubernamentales.

El beneficio obtenido a través de la implementación del FOSS ha mejorado la calidad de vida de la población del distrito de Salaverry mediante inversiones en sistemas de salud, educación, infraestructura vial, parques, pistas, veredas y proyectos de emprendimiento. Desde la implementación de sus proyectos en el 2020, un total de 20 983 habitantes², tanto en áreas rurales como urbanas del distrito de Salaverry, han sido beneficiados directa o indirectamente por los programas y proyectos gestionados por el FOSS.

Estos programas y proyectos contribuyeron a la reducción de personas fallecidas en el contexto de la pandemia de la COVID-19 al proveer de equipamiento e infraestructura necesaria para atender a mayor cantidad de pacientes; al incremento de la tasa de matrícula de escolares al proveer de becas, infraestructura y equipamiento necesario e, incluso, se cree que los proyectos gestionados por el FOSS pueden haber incentivado el incremento de la actividad económica del distrito de Salaverry a través de los programas *Salaverrina Power* y *Barrio Salaverrino Power*.

El mecanismo del fondo social promovido por ProInversión permite impulsar la confianza en la inversión privada, se sientan las bases para un desarrollo sostenible y un crecimiento inclusivo en el Perú, ello en la medida que los fondos sociales tienen características similares a acciones de responsabilidad empresarial. Asimismo, tal como lo indica [Vives y Peinado-Vara \(2011\)](#), estas acciones también contribuyen a una redistribución más justa de los recursos públicos.

La presente investigación tiene como objetivo estimar el impacto de los proyectos implementados por medio del FOSS dentro del distrito de Salaverry respecto de los distritos que no fueron tratados con los proyectos y programas de carácter social; dicho impacto será analizado por medio de la aplicación del método de diferencias en diferencias y, con la finalidad de dar un mayor soporte a la presente investigación, se realizará una réplica sintética de las principales variables analizadas a fin de determinar adecuadamente el efecto empírico alcanzado.

La estructura que sigue el documento es la siguiente: luego de la introducción, en la sección 2 se realiza una revisión de los principales documentos de investigación que han

²Información proveniente del INEI.

intentado abordar problemas similares, en la sección 3 se presenta el sustento de estrategia empírica para identificar efectos causales, en la sección 4 se presenta una descripción y detalle de los datos, en la sección 5 se presentan los resultados encontrados luego de realizar las estimaciones y en la sección 6 se presentan las conclusiones del documento de investigación.

2. Revisión de literatura

Se ha identificado que existen diferentes estudios que buscan analizar y cuantificar el efecto de la implementación de programas de asistencia sobre indicadores de desarrollo económico como salud, educación e ingresos. En su mayoría, los trabajos de investigación encontrados analizan el impacto de la intervención sobre la tasa de mortalidad en menores y nutrición, la tasa de matrícula y asistencia escolar, así como el gasto de consumo de los hogares y otros indicadores relacionados.

Respecto a los objetivos que persiguen los documentos encontrados, se observa que la mayoría de ellos busca medir el impacto de la implementación de diferentes programas sobre indicadores relacionados con la educación, específicamente [Zavakou \(2011\)](#) analiza el impacto sobre el abandono y fracaso escolar, [Barrera-Osorio, Bertrand, Linden, y Pérez-Calle \(2008\)](#), [Cavero-Arguedas, Cruzado de la Vega, y Cuadra-Carrasco \(2017\)](#) y [Monge, Seinfeld, y Campana \(2017\)](#) sobre matrícula o asistencia escolar, [Martorano y Sanfilippo \(2012\)](#) sobre el máximo año de educación, mientras que, [Behrman, Parker, y Todd \(2009\)](#) y [Somers, Zhu, Jacob, y Bloom \(2013\)](#) sobre el rendimiento escolar y otros indicadores.

Por su parte, otros estudios buscan medir el impacto sobre indicadores relacionados a la salud, específicamente [Cavero-Arguedas et al. \(2017\)](#) analiza el impacto sobre el desarrollo infantil temprano, [Weiss, Piya, Andrus, Ahsan, y Cohen \(2022\)](#) y [Kolesar, Tsheten, et al. \(2023\)](#) sobre la tasa de mortalidad en menores, [Kreif et al. \(2016\)](#) sobre la tasa de mortalidad en hospitales, [Thom \(2022\)](#) sobre la salud mental, mientras que, [Sánchez, Jaramillo, et al. \(2012\)](#) sobre el estado nutricional en menores. Mientras que, estudios como los de [Liang, Tseng, Ho, y Wu \(2020\)](#), [Gupta et al. \(2020\)](#) y [Gibbons et al. \(2023\)](#) buscan medir el efecto de la capacidad hospitalaria como la disponibilidad de camas UCI y de pruebas de descartar en relación a la mortalidad asociada a la COVID-19.

Por otro lado, las investigaciones desarrolladas por [Angelucci y Attanasio \(2009\)](#) y [Monge et al. \(2017\)](#) buscan medir el impacto sobre indicadores relacionados al consumo de hogares; mientras que, [Martorano y Sanfilippo \(2012\)](#) busca medir el impacto sobre el ingreso per cápita y tasa de ocupación.

Con relación a la unidad de análisis empleada en los estudios revisados, la mayoría de ellos emplea información a nivel de individuos como niños, estudiantes, adultos mayores y pacientes, tales como los estudios realizados por [Barrera-Osorio et al. \(2008\)](#), [Martorano y Sanfilippo \(2012\)](#), [Sánchez et al. \(2012\)](#), [Cavero-Arguedas et al. \(2017\)](#) y [Gupta et al. \(2020\)](#). Por su parte, estudios como los de [Liang et al. \(2020\)](#), [Weiss et al. \(2022\)](#), [Kolesar et al. \(2023\)](#) y [Gibbons et al. \(2023\)](#) emplean información a nivel de países; mientras que, [Thom \(2022\)](#) emplea información a nivel de estado (California), [Zavakou \(2011\)](#) a nivel de municipalidades, [Behrman et al. \(2009\)](#) a nivel de comunidades, [Angelucci y Attanasio \(2009\)](#) a nivel de manzanas y [Monge et al. \(2017\)](#) emplean información a nivel de hogares. Por otro lado, se identificaron estudios que emplean otras unidades de análisis como [Somers et al. \(2013\)](#) que emplea información a nivel de escuelas y [Kreif et al. \(2016\)](#) a nivel de hospitales.

Sobre la estructura de datos empleada en los estudios revisados, se ha identificado que la mayor parte de estos emplean paneles de datos, mientras que, [Liang et al. \(2020\)](#) y [Gupta](#)

et al. (2020) emplean datos de corte transversal y *Gibbons et al.* (2023) emplea datos de series de tiempo.

Respecto de la variable dependiente o variable sobre la cual se realiza la evaluación del impacto en educación, se ha identificado que los trabajos desarrollados por *Zavakou* (2011), *Barrera-Orsorio et al.* (2008), *Cavero-Arguedas et al.* (2017) y *Monge et al.* (2017) realizan la evaluación sobre la asistencia escolar, fracaso y abanado escolar o tasa de matrícula; por su parte, estudios como los de *Martorano y Sanfilippo* (2012) evalúan sobre la cota educativa familiar (máximo año de educación en la familia), mientras que, *Behrman et al.* (2009) y *Somers et al.* (2013) sobre el rendimiento escolar, edad de inicio escolar o grados de escolaridad completados.

En esa línea, respecto a la variable sobre la cual se realiza la evaluación del impacto en salud, se ha identificado que los estudios desarrollados por *Weiss et al.* (2022), *Kolesar et al.* (2023), *Thom* (2022), *Kreif et al.* (2016) realizan la evaluación sobre la tasa de mortalidad, en los dos primeros casos infantil, en el tercero por suicido y el último a nivel de hospitales; en esa línea, *Liang et al.* (2020), *Gupta et al.* (2020) y *Gibbons et al.* (2023) analizan el efecto sobre la mortalidad asociada a la COVID-19. Por su parte, estudios como los de *Cavero-Arguedas et al.* (2017) y *Sánchez et al.* (2012) realizan la evaluación sobre el desarrollo infantil y estado nutricional de los niños. Por otro lado, estudios como los de *Angelucci y Attanasio* (2009) y *Monge et al.* (2017) realizan la evaluación sobre indicadores relacionados a los gastos de los hogares y *Martorano y Sanfilippo* (2012) sobre el ingreso per cápita y tasa de ocupación.

En cuanto a la metodología empleada, se ha identificado que la mayoría de trabajos de investigación han empleado la metodología de diferencias en diferencias y análisis de control sintético; sin embargo, estudios como los de *Cavero-Arguedas et al.* (2017) emplean las metodologías de regresión discontinua y evaluación experimental, *Liang et al.* (2020) emplea mínimos cuadrados ordinarios - MCO, *Gupta et al.* (2020) emplea un modelo logit multinomial y *Gibbons et al.* (2023) emplea el método de ecuaciones de estimación generalizada. El uso de distintas metodologías puede estar asociado a los distintos objetivos que persigan los investigadores y de la información disponible con la que cuenten para probar sus hipótesis.

Con relación a los principales resultados, la mayoría de los estudios encontraron que la implementación de los programas tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre los indicadores relacionados con la salud, educación e ingresos. Sin embargo, estudios como el de *Martorano y Sanfilippo* (2012) no encontraron impacto sobre la cota educativa familiar, así como el estudio de *Somers et al.* (2013) que no encontró impacto sobre el rendimiento escolar. Por su parte, *Liang et al.* (2020), *Gupta et al.* (2020) y *Gibbons et al.* (2023) encontraron una asociación inversa entre la disponibilidad de camas UCI y la mortalidad por COVID-19. A su vez, *Liang et al.* (2020) encontraron una relación inversa entre el número de pruebas aplicadas para saber si un paciente tiene coronavirus y la mortalidad por COVID-19 en la región.

Cabe indicar que, a diferencia del resto de estudios encontrados, este documento de investigación busca cuantificar el efecto de los programas y proyectos aplicados por el FOSS sobre variables que miden el bienestar de la población del distrito de Salaverry. Para ello, se ha empleado una metodología que permite capturar de manera creíble efectos causales de estos programas. Asimismo, es preciso indicar que, del conjunto de investigaciones revisadas no se ha identificado alguna que realice una evaluación económica de un fondo social o de empresa con una figura parecida; por tanto, este es el primer estudio que aborda esta problemática.

Cuadro 1: Revisión de la literatura - Parte 1

Autor	Título	Objetivo	Unidad de análisis	Estructura de datos	Var. Dependiente	Metodología	Resultados
Barrera-Osorio <i>et al.</i> (2008)	Conditional Transfers in Education Design Features, Peer and Siblings effects, Evidence from a Randomized Experiment in Colombia	Cash transfers in Education Design Features, Peer and Siblings effects, Evidence from a Randomized Experiment in Colombia	Estudiantes	Datos panel	* Tasa de asistencia * Tasa de aprobación * Tasa de matrícula	D&D	El programa generó un incremento en la tasa de asistencia escolar (2,7 pp.), en la tasa de matrícula (especialmente para las familias menos propensas a hacerlo) y en la tasa de aprobación (especialmente para estudiantes en grados 9-11).
Angelucci y Attanasio (2009)	Oportunidades: program effect on consumption, low participation and methodological issues	Analizar el impacto del Programa Oportunidades (transferencias condicionadas) sobre el nivel de consumo de las manzanas urbanas.	Manzana Urbana	Datos panel	Gasto en consumo	D&D	El programa tiene un efecto significativo en el aumento del consumo de alimentos en 2003 y 2004, según el AIT. Sin embargo, los efectos son más grandes y significativos para el AIT, indicando que aquellos que participaron experimentaron un aumento adicional en el consumo de alimentos.
Behrman <i>et al.</i> (2009)	Schooling Impacts of Conditional Cash Transfers on Young Children: Evidence from Mexico	Analizar el impacto del Programa Oportunidades (transferencias condicionadas) sobre el rendimiento escolar, longevidad e inicio escolar de comunidades mexicanas.	Comunidades	Datos panel	* Rendimiento escolar * Grados de escolaridad completados * Edad de inicio escolar	Ren-D D&D	El programa impactó positivamente en el rendimiento escolar, redujo la edad de inicio escolar (0,08-0,05 años). No tuvo impacto en el número de grados de escolaridad completados.
Zavakou (2011)	An Evaluation of the CCT Program Families in Action on Grade Failure and School Dropout Rates	Analizar el impacto del Programa de Familias en Acción (transferencias condicionadas) sobre abandono y fracaso escolar.	Municipalidades	Datos panel	* Tasa de fracaso escolar * Tasa de abandono escolar	D&D	* El programa tuvo un impacto significativo en la disminución de la tasa de fracaso escolar, especialmente en áreas urbanas, donde se observó una reducción de 8,5 pp. * El programa tuvo un efecto leve pero negativo, disminuyendo la tasa de abandono en aproximadamente 1 pp., este impacto fue mayor en áreas urbanas y en el grupo de edad de 14-17 años

Nota: U5MR es under-five mortality rate, it measure the child health, AIT es Average Treatment effect on the interest variable, AIT es Average Treatment Effect on the Treated, DTP3 es difteria tétnano tercera dosis, vacuna combinada, MCO es Mínimos Cuadrados Ordinarios y GEE es Ecuaciones de Estimación Generalizada.

Cuadro 2: Revisión de la literatura - Parte 2

Autor	Título	Objetivo	Unidad de análisis	Estructura de datos	Var. Dependiente	Metodología	Resultados
Martorano y Sanfilippo (2012)	Innovative Features In Poverty Reduction Programmes: An Impact Evaluation Of Chile Solidario On Households And Children	Analizar el impacto del programa Chile Solidario sobre la participación en el mercado laboral, el máximo de años educativos y el acceso a servicios de salud pública.	Individuos	Datos panel	* Ingreso per cápita * Tasa de ocupación * Cota educativa familiar (máximo año de educación en la familia)	D&D	El programa tiene un impacto positivo en aumentar el ingreso per cápita y la tasa de ocupación, mientras que en la cota educativa familiar no hubo impacto.
Sánchez et al. (2012)	Impacto del programa Juntos sobre nutrición temprana	Explorar el impacto del programa de transferencias condicionadas Juntos sobre el estado nutricional de niños menores de 5 años y el crecimiento corporal.	Niños menores de 5 años	Datos panel	* Desnutrición crónica extrema, * Talla por edad	D&D	El programa redujo la incidencia de desnutrición crónica extrema, especialmente en niños nacidos en hogares con madres relativamente bien educadas. Adicionalmente reflejó un aumento significativo positivo de la talla por edad (13 pp).
Somers et al. (2013)	The Validity and Precision of the Comparative Interrupted Time Series Design and the Difference-in-Difference Design in Educational Evaluation	Analizar el impacto del programa Federal Reading First sobre el rendimiento de los estudiantes de escuela primaria.	Escuelas primarias	Datos panel	Rendimiento escolar (notas de pruebas)	D&D	El programa no tuvo un impacto estadísticamente significativo en las puntuaciones de lectura y matemáticas (rendimiento escolar) en las escuelas participantes.
Kreif et al. (2016)	Examination of the Synthetic Control Method for Evaluating Health Policies with Multiple Treated Units	Evaluar el impacto de intervenciones por rendimientos de los hospitales sobre la mortalidad.	Hospitales	Datos panel	Tasa de mortalidad hospitalaria ajustada por riesgo a 30 días	SCA + D&D	Se identificó un pequeño efecto negativo en la tasa de mortalidad.

Nota: U5MR es under-five mortality rate, it measure the child health, AIT es Average Treatment effect on the interest variable, ATT es Average Treatment Effect on the Treated, DTP3 es difteria téfano tercera dosis, vacuna combinada, MCO es Mínimos Cuadrados Ordinarios y GEE es Ecuaciones de Estimación Generalizada.

Cuadro 3: Revisión de la literatura - Parte 3

Autor	Título	Objetivo	Unidad de análisis	Estructura de datos	Var. Dependiente	Metodología	Resultados
Cavero-Arguedas <i>et al.</i> (2017)	Los efectos de los programas sociales en la salud de la población en condición de pobreza: evidencias a partir de las evaluaciones de impacto del presupuesto por resultados a programas sociales en Perú	Determinar el impacto de 3 programas (SAF, Juntos y Pensión 65) sobre el gasto de consumo del hogar, educación y salud.	* Niños 0-3 años y las madres gestantes * Población de 6-17 años * Población mayor a 65 años	Datos panel	* Desarrollo infantil temprano * Tasa de asist. escolar * Gasto en alim. per cápita del hogar * Bienestar del adulto mayor	Evaluación experimental, D&D, Regresión Discontinua.	El programa Cuna Más incrementó el desarrollo infantil temprano y los indicadores de salud de niños menores de 3 años. El programa Juntos tuvo efectos significativos en la tasa de asistencia escolar. El programa Pensión 65 incrementó el gasto en alimentos per cápita del hogar principalmente, además, mejoró el bienestar del adulto mayor.
Monge <i>et al.</i> (2017)	Evaluación de Impacto del programa Juntos – Resultados finales. Informe de evaluación. Elaborado por Álvaro Monge, Janice Seinfeld y Yolmy Campaña, Lima, Perú.	Estimar los efectos directamente atribuibles a la intervención de Juntos sobre variables como el consumo per cápita de los hogares, años de educación, asistencia y deserción escolar.	Hogares	Datos panel	* Gasto del hogar * Años de educación * Tasa de asistencia * Tasa de inasist. escolar	D&D	El programa tuvo un efecto positivo significativo sobre los años de educación, tasa de asistencia y negativo en la tasa de inasistencia escolar para todos los individuos en edad escolar. Sin embargo, no se encontró efecto sobre el gasto del hogar.
Liang <i>et al.</i> (2020)	COVID-19 mortality is negatively associated with test number and government effectiveness.	Analizar los factores como el número de pruebas COVID-19, disponibilidad de camas en el hospital, entre otros asociados con la mortalidad por COVID-19.	Países	Corte transversal	Tasa de mortalidad por COVID-19.	MCO	La tasa de mortalidad por COVID-19 se asoció negativamente con el número de pruebas de COVID-19 y el número de camas de hospital.
Gupta <i>et al.</i> (2020)	Factors Associated With Death in Critically Ill Patients With Coronavirus Disease 2019 in the US.	Analizar los factores como la disponibilidad de las camas UCI, entre otros factores de los pacientes asociados con la muerte por COVID-19 en USA.	Individuos (pacientes)	Corte transversal	Mortalidad hospitalaria a los 28 días.	Logit Multinomial	Los pacientes ingresados en hospitales con menos camas UCI tuvieron un mayor riesgo de muerte.

Nota: U5MR es under-five mortality rate, it measure the child health, ATT es Average Treatment effect on the interest variable, ATT es Average Treatment Effect on the Treated, DTP3 es difteria tétnano tercera dosis, vacuna combinada, MCO es Mínimos Cuadrados Ordinarios y GEE es Ecuaciones de Estimación Generalizada.

Cuadro 4: Revisión de la literatura - Parte 4

Autor	Título	Objetivo	Unidad de análisis	Estructura de datos	Var. Dependiente	Metodología	Resultados
Weiss et al. (2022)	Estimating the impact of donor programs on child mortality in low- and middle-income countries: a synthetic control analysis of child health programs funded by the United States Agency for International Development	Analizar el impacto de la financiación de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional sobre la mortalidad infantil.	Países	Datos panel	Tasa de mortalidad (U5MR)	SCA	Se identificó una reducción de la tasa de mortalidad infantil en los países con una alta inversión de USAID.
Thom (2022)	Can additional funding improve mental health outcomes? Evidence from a synthetic control analysis of California's millionaire tax	Analizar el impacto de un impuesto estatal destinado a programas de salud mental sobre el estado de California.	Estado USA	Datos panel	Tasa de mortalidad por suicidio	SCA	Los fondos adicionales para la salud mental se asociaron con una reducción significativa en la tasa de mortalidad por suicidio en California.
Kolesar et al. (2023)	Evaluating Country Performance After Transitioning From Gavi Assistance: An Applied Synthetic Control Analysis	Evaluar el impacto de la cobertura de vacunación de GAVI (Alianza para la vacunación) sobre la mortalidad posneonatal y la cobertura de vacunas contra la difteria, tétano y sarampión.	Países	Datos panel	* Cobertura de DTP3 * Cobertura de sarampión * Tasa de mortalidad infantil posneonatal	SCA	La mayoría de los países mostraron mejoras significativas en la cobertura de la vacuna DTP3 y la cobertura de sarampión después de la transición, mientras que la tasa de mortalidad posneonatal experimentó reducciones sostenidas.
Gibbons et al. (2023)	Influence of ICU Surge and Capacity on COVID Mortality Across U.S. States and Regions During the COVID-19 Pandemic.	Describir la influencia de la capacidad general de la unidad de cuidados intensivos - UCI sobre la mortalidad entre la población de USA.	País (USA)	Serie de tiempo	Tasa de mortalidad por COVID-19 (muertes semanales por COVID-19 por cada 100 000 hab.)	GEE	Cada aumento del 1 % de la tasa de ocupación media de las camas UCI se asoció con 5 muertes semanales más por COVID-19 por cada 100 000 habitantes.

Nota: U5MR es under-five mortality rate, it measure the child health, ATT es Average Treatment effect on the interest variable, ATT es Average Treatment Effect on the Treated, DTP3 es difteria tétano tercera dosis, vacuna combinada, MCO es Mínimos Cuadrados Ordinarios y GEE es Ecuaciones de Estimación Generalizada.

3. Estrategia empírica

El objetivo que persigue el ejercicio empírico es evaluar los efectos que ha tenido la implementación de los programas y proyectos del FOSS del TPMS en beneficio de la población de la zona de influencia en dicho terminal portuario. Para determinar los efectos de este Fondo Social se implementa un análisis comparativo que permite detectar efectos causales a partir de aplicación de la política (o beneficio) sobre un grupo de personas o grupo de tratados comparándolas con aquellas personas que no se vieron afectadas por dicha política o grupo de control. Para ello, se emplea la metodología de diferencia en diferencia bajo la especificación de *two-way fixed effects* la cual permite controlar la estimación por efectos fijos.

El método de diferencias en diferencias se basa en comparar las diferencias en los cambios promedio entre un grupo tratado y un grupo de control antes y después de la implementación de una política o intervención (en este caso el inicio de operaciones del FOSS). Conceptualmente, la idea detrás de este método es capturar el efecto causal del tratamiento al observar cómo se comportan las unidades tratadas y de control en diferentes períodos de tiempo. En este caso, para identificar el efecto causal del FOSS sobre algunas variables de resultado económico se va a estimar la siguiente ecuación:

$$y_{d,t} = \gamma + \mu_d + \delta_t + \beta * (Salaverry) * (Pos - FOSS) + \eta_{d,t} \quad (1)$$

Donde $y_{d,t}$ es la variable de resultado económico para el distrito d en el periodo t , μ_d es el efecto fijo para el distrito d , δ_t es el efecto fijo para el periodo t , $Salaverry$ es una variable *dummy* que toma el valor de 1 si el distrito es tratado y 0 en caso contrario, $Pos - FOSS$ es una variable *dummy* que toma el valor de 1 si el periodo es igual o mayor a aquel donde inició la implementación de programas/proyectos el FOSS y 0 en caso contrario, y β es el parámetro de interés que mide el efecto causal del impacto del FOSS.

Según indica [Bertrand, Duflo, y Mullainathan \(2004\)](#), para evitar rechazar una hipótesis nula cuando esta es verdadera es necesario incluir dentro de las estimaciones errores estándar clusterizados; ello, además, permite corregir ciertos problemas en heterocedasticidad y autocorrelación que se puedan presentar en la estimación.

Cabe señalar que, en la medida que los programas y beneficios del FOSS fueron aplicados únicamente en el distrito de Salaverry solo se considera a este distrito como tratado. Los distritos que componen el grupo de control son el resto de distritos de la provincia de Trujillo; sin embargo, dado que para algunas variables no se cuenta con información para un grupo de distritos se ha optado por emplear, solo en estos casos, la totalidad de distritos con información completa del departamento de La Libertad. Asimismo, es preciso indicar que dado que el distrito de Trujillo resulta una observación muy diferente al resto de distritos este no ha sido considerado dentro del análisis.

La estrategia de identificación que sigue este trabajo de investigación es la de estimar un modelo de diferencias en diferencias; por tanto, la validez de esta estrategia se basa en el supuesto de que, en ausencia de la existencia del FOSS (ausencia de tratamiento), el distrito de Salaverry tiene un comportamiento similar al del resto de distritos que se toman como control. Este supuesto es conocido como el supuesto de tendencias paralelas.

Una forma indirecta de validar el supuesto de tendencias paralelas es a través de la aplicación de un estudio de eventos. Ello, además, permite identificar la dinámica de los efectos del FOSS. Para realizar el estudio de eventos se estima la siguiente ecuación y se presentan gráficamente los coeficientes β_τ extraídos a partir de estas estimaciones.

$$y_{d,t} = \gamma + \mu_d + \delta_t + \sum_{\tau=-k_1, \tau \neq -1}^{k_2} \beta_\tau * (Salaverry) * \mathbf{1}[t = T_0 + \tau] + \eta_{d,t} \quad (2)$$

Donde T_0 es el año de inicio de los proyectos del FOSS, k_1 es la cantidad de periodos anteriores al inicio de los proyectos del FOSS y k_2 es la cantidad de periodos posteriores al inicio de los proyectos del FOSS. Los coeficientes de interés son los β_τ que miden la diferencia entre periodo $T_0 + \tau$ y el periodo inmediatamente anterior al inicio de los proyectos del FOSS. Si $\tau < 0$ y los coeficientes β_τ no son estadísticamente distintos de cero, entonces se puede afirmar que se cumple el supuesto de tendencias paralelas.

Comúnmente se espera que se cumpla el supuesto de tendencias paralelas y con ello garantizar que luego de la política, la diferencia adicional de los promedios entre estos dos grupos se deba a los efectos de la política o intervención. Sin embargo, encontrar un grupo de control que cumpla esta característica puede ser una tarea complicada; peor aún, utilizar un incorrecto grupo de control puede llevar a estimaciones sesgadas y, por tanto, a conclusiones erróneas sobre la política aplicada. En ese contexto, [Abadie, Diamond, y Hainmueller \(2010\)](#) proponen, formalmente, emplear el método de control sintético para garantizar la similitud entre el grupo de tratados y el de control³.

El método de control sintético tiene como objetivo estimar los efectos de intervenciones creando una réplica sintética de una unidad tratada. La réplica artificial es creada tomando la información de las unidades de control y, por tanto, a diferencia de original esta réplica no experimenta la intervención. En concreto, la réplica sintética se crea a partir de la selección de ponderadores que se asemeje más a las características de la unidad tratada con la réplica sintética en el pretratamiento. Formalmente, decimos que el control sintético de la unidad tratada ha sido construido mediante un vector de ponderadores $W = (w_1, \dots, w_{D-1})$ y se cumple que cada $w_d \in (0, 1)$ y que $w_1 + \dots + w_{D-1} = 1$. A través de este método se encuentra un W que permite asemejar de mejor manera a la réplica sintética con la unidad tratada, para ello minimiza la distancia ponderada entre las características del tratado y los controles. El procedimiento para encontrar los ponderadores del control sintético óptimo se obtienen de la siguiente manera:

$$W^*(V) = \min_{W \in \mathcal{W}} (X_1 - X_0 W)' V (X_1 - X_0 W) \quad (3)$$

Donde $W^*(V)$ es el vector de ponderadores óptimo que minimiza la diferencia entre las características previas al tratamiento de la unidad tratada y el control sintético, V es una matriz diagonal semidefinida que indica la importancia relativa de cada covariable, X_1 es un vector que contiene las características de la unidad tratada previas a la intervención y X_0 es una matriz que contienen las características de las unidades de control.

En esta investigación se emplea el método de control sintético para darle robustés a los resultados encontrados mediante el método de diferencias en diferencias, la réplica sintética se crea para las variables de resultado económico del distrito de Salaverry a través del cálculo de la siguiente ecuación:

$$y_t^{css} = y_{1,t} * w_1^* + y_{2,t} * w_2^* + \dots + y_{D-1,t} * w_{D-1}^* \quad (4)$$

³Cabe indicar que inicialmente las ideas para emplear un control sintético fueron propuestas por [Abadie y Gardeazabal \(2003\)](#).

Donde y_t^{css} es la variable de resultado económico sintético creado para el distrito de Salaverry en el periodo t y $y_{d,t}$ es la variable de resultado económico para el distrito d en el periodo t , cabe indicar que d toma los valores desde 1 hasta $D - 1$ considerando que el distrito de Salaverry ocupa el lugar D del total de distritos analizados.

4. Datos

Con la finalidad de realizar las estimaciones que se plantearon en la sección de estrategia empírica, de manera general se empleó un panel de datos anual que va desde el año 2017 hasta el 2022 con información distrital del departamento de La Libertad. Esta información se obtuvo del Ministerio de Salud - Minsa y del INEI.

Específicamente, para estimar el impacto sobre las variables de defunciones ocurridas e informadas por cantidad de personas (defunciones) y licencias de funcionamiento para establecimientos de comercio⁴ otorgadas por la municipalidad (licencias de comercios), de acuerdo con la disponibilidad de datos, se empleó información del periodo 2017–2021 de los distritos de la provincia de Trujillo, excluyendo al distrito de Trujillo ya que resulta ser muy diferente al resto de distritos.

Por otra parte, para estimar el impacto sobre el número de alumnos matriculados en el sistema educativo urbano básico regular nivel primario (matrícula primaria urbana) y sobre el número de alumnos matriculados en el sistema educativo nacional del área urbana (matrícula nacional urbana), de acuerdo con la disponibilidad de datos, se empleó información del periodo 2017–2022 de todos los distritos del departamento de La Libertad que tuvieron información completa, y al igual que en las variables mencionadas anteriormente, se exceptuó la información del distrito de Trujillo. Cabe indicar que en las figuras 1b y 1c se presenta el mapa del departamento de La Libertad y de la provincia de Trujillo, respectivamente.

Por otro lado, para construir los controles sintéticos se seleccionaron las variables de población identificada con Documento Nacional de Identidad (población DNI), licencias de funcionamiento para establecimientos de comercio otorgadas por la municipalidad que reflejan la actividad económica de los distritos y el porcentaje de población rural.

Es relevante indicar que, de acuerdo con la disponibilidad de datos, la información de las variables no se encuentra para el mismo periodo, tal como se puede observar en el cuadro 5 de estadísticas descriptivas. Asimismo, se observa que, en promedio, la cantidad de defunciones por distrito y por año para la provincia de Trujillo (sin considerar al distrito de Trujillo) asciende a 377 personas y su valor máximo fue de 1490 personas en el distrito de La Esperanza en el año 2020; por su parte, en promedio, la cantidad de licencias de comercio para los mismos distritos y periodo fue de 58 licencias y su valor máximo fue de 295 licencias en el distrito de El Porvenir.

Con relación a las variables de educación, se observa que, en promedio, la cantidad de alumnos matriculados en el sistema educativo urbano básico regular nivel primario por distrito y por año para el departamento de La Libertad (sin considerar el distrito de Trujillo) fue de 3654 alumnos y su valor máximo fue de 20 294 alumnos en el distrito de El Porvenir en el año 2022; por otra parte, la cantidad de alumnos matriculados en el sistema educativo nacional del área urbana para los mismos distritos y periodo fue de 8325 alumnos y su valor máximo fue de 43 212 alumnos en el distrito de El Porvenir.

⁴Incluye las licencias de funcionamiento otorgadas por la municipalidad para bodegas, farmacias, boticas, ferreterías, empresas proveedoras de insumos, prendas de vestir y venta de calzado.



Figura 1: Mapas de la ubicación del distrito de Salaverry

Cuadro 5: Estadísticas descriptivas

Variable	Unidad	Obs.	Periodo	Prom.	Mín	Máy
Salud						
Defunciones	Número de personas	50	[2017; 2021]	377	18	1490
Actividad económica						
Licencias de comercio	Número de licencias	50	[2017; 2021]	58	0	295
Educación						
Matrícula primaria urbana	Número de alumnos	210	[2017; 2022]	3654	282	20 294
Matrícula nacional urbana	Número de alumnos	210	[2017; 2022]	8325	596	43 212

Fuente: Ministerio de Salud e Instituto Nacional de Estadísticas e Informática

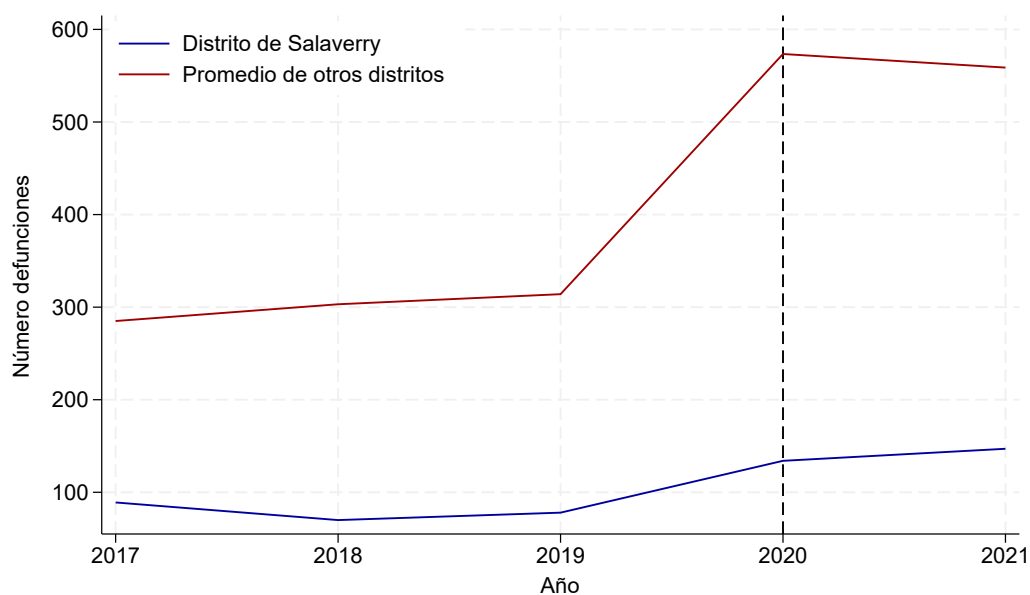
5. Resultados

El presente trabajo de investigación estimará, a través de la estrategia empírica indicada previamente, el impacto de los proyectos y programas aplicados por el FOSS dentro del distrito de Salaverry. Se cree que las intervenciones realizadas por el FOSS impactan en el sector Salud y Educación e inclusive en la actividad económica de la población del distrito de Salaverry; por tanto, es de esperar que los proyectos del FOSS se encuentren relacionados con el número de defunciones en un contexto de COVID-19, el número de licencias otorgadas a comercios, la matrícula en el sistema educativo urbano básico regular nivel primario y la matrícula en el sistema educativo nacional del área urbana⁵. En las figuras 2 y 3 se muestran estas variables y se comparan entre el distrito de Salaverry (grupo tratado) y otros distritos dentro del departamento de la Libertad (grupo control), antes y después del inicio de implementación de proyectos del FOSS en el 2020.

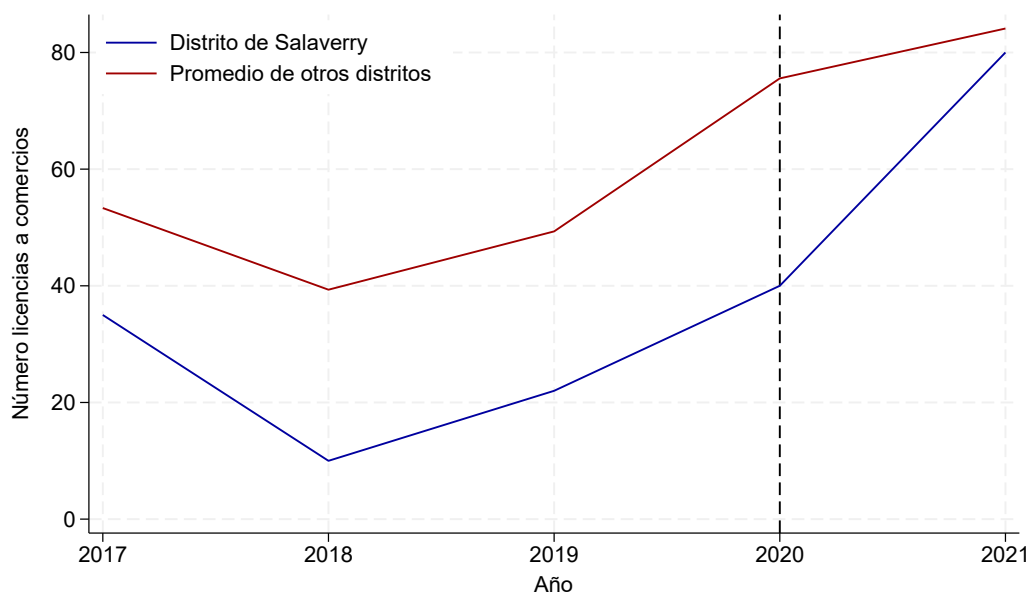
En la figura 2a se muestra que en el 2020, el incremento en la cantidad del número de defunciones en el distrito de Salaverry no fue tan grande en comparación con el incremento en el promedio de otros distritos. Esto sugiere que el FOSS tuvo un efecto positivo en la salud de la población de Salaverry, debido a las inversiones en la construcción de infraestructura hospitalaria y compra de equipamiento médico para combatir la COVID-19.

De manera similar, en la figura 2b se muestra que el distrito de Salaverry registró un incremento notable en el número de licencias comerciales después de la implementación de los programas del FOSS en el 2020, mientras que el promedio de otros distritos no mostró cambios relevantes, incluso hacia el 2021 la tendencia se hace decreciente. Esto indica que es posible que el FOSS haya tenido un impacto positivo en el nivel de actividad económica del distrito de Salaverry, debido a las mejoras en la infraestructura vial, los parques, las pistas, las veredas y los proyectos de emprendimiento; esto sin dejar de lado que en la actividad económica también se registró una repercusión, posiblemente por la implementación del TPMS.

⁵Cabe indicar que, se hizo una revisión de los proyectos implementados en salud y educación, distintos a los realizados por el FOSS, con el objetivo de poder verificar si existe algún otro proyecto realizado en el distrito de Salaverry que pueda generar impacto en la población. Al respecto, no se encontraron otros proyectos grandes que hayan sido implementados en este distrito de manera diferente al resto de distritos del departamento de La Libertad.

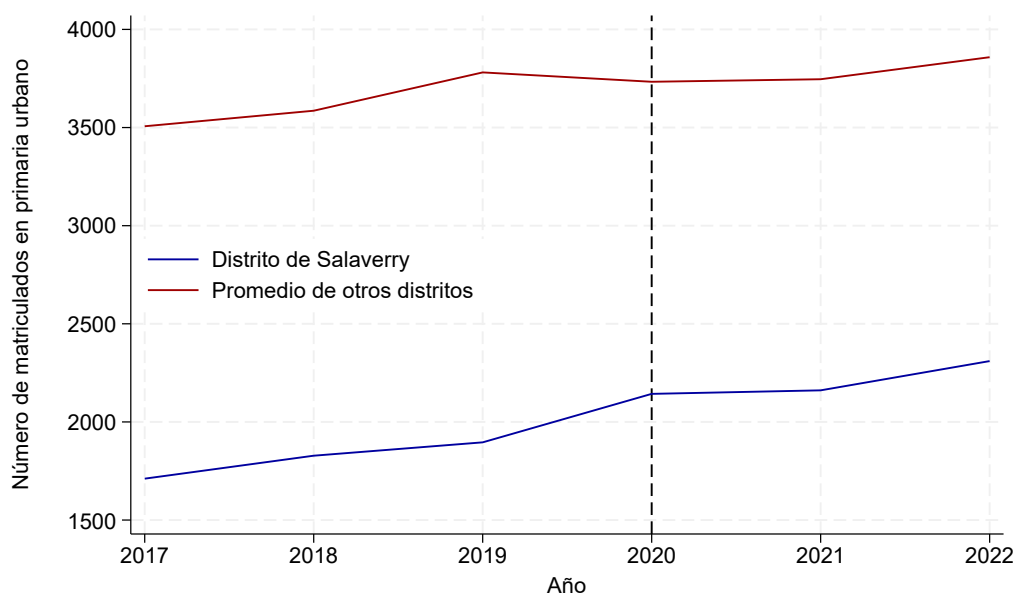


(a) Defunciones

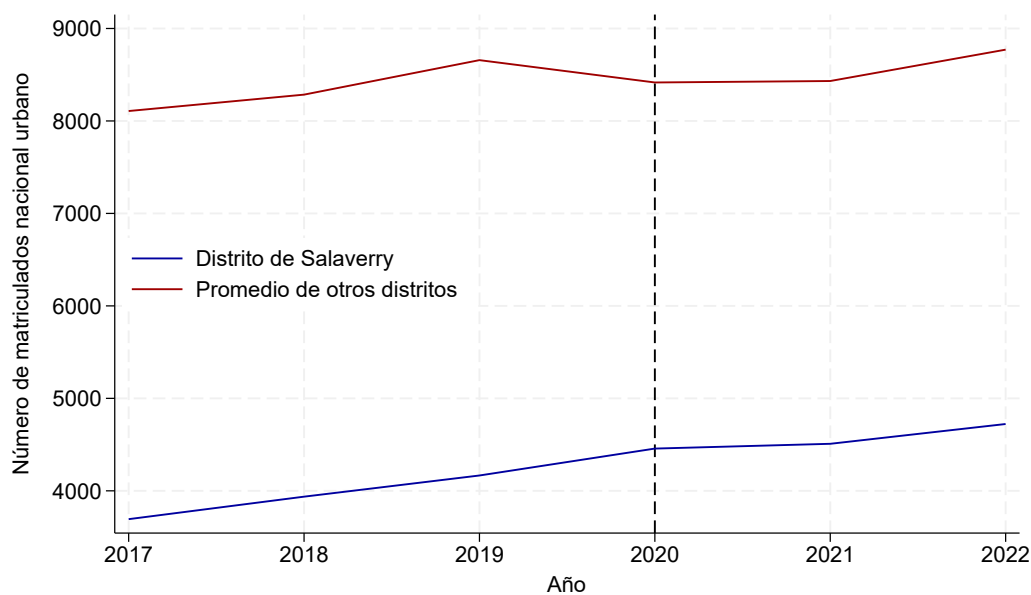


(b) Licencias a comercios

Figura 2: Diferencias entre el distrito de Salaverry y el resto de distritos - Parte 1



(a) Matrícula primaria urbana



(b) Matrícula nacional urbana

Figura 3: Diferencias entre el distrito de Salaverry y el resto de distritos - Parte 2

Asimismo, en la figura 3a se muestra que el distrito de Salaverry registró un aumento leve en el número de matriculados en primaria urbana después de la implementación del FOSS en el 2020, mientras que el promedio de otros distritos no mostró cambios relevantes. Esto indica que el FOSS pudo tener un impacto positivo en la educación primaria de Salaverry, esto gracias a los proyectos y programas realizados para el mejoramiento de infraestructura educativa y la implementación de equipamiento escolar, así como la accesibilidad a las clases virtuales a fin de disminuir el riesgo de contagio de la COVID-19.

Por último, en la figura 3b se muestra que el distrito de Salaverry registró un aumento moderado en el número de matrículas nacional urbana después de la implementación del FOSS en el 2020, mientras que el promedio de otros distritos no mostró cambios relevantes. Esto es un indicativo de que el FOSS tuvo un impacto positivo en la educación del sistema nacional en el distrito de Salaverry, posiblemente por las mejoras en la infraestructura educativa y el equipamiento escolar.

Ahora bien, en el cuadro 6 se presenta la estimación del modelo de diferencias en diferencias para cada una de las cuatro variables de resultado analizadas. En estas estimaciones se agregan las variables de control de número de licencias a comercios otorgadas por la municipalidad del distrito y el tamaño de la población que cuenta con DNI, estas variables son incluidas como *proxys* del crecimiento económico y tamaño de la población, respectivamente.

Cabe indicar que de estos cuatro gráficos se puede observar que antes del 2020, es decir antes de la implementación de acciones por parte del FOSS, el comportamiento de las cuatro variables analizadas es similar en la población tratada (distrito de Salaverry) y en el promedio de distritos de control, lo cual es un indicador de que se cumpliría el supuesto de tendencias paralelas y, por tanto, haría válida las estimaciones del modelo de diferencias en diferencias.

En la columna (1) se presenta la estimación del efecto del FOSS sobre el número de defunciones del distrito de Salaverry, en la columna (2) se presenta esta misma estimación incluyendo las variables de control, en la columna (3) se presenta el efecto del FOSS sobre la tasa de licencias a comercios otorgadas por la municipalidad, en la columna (4) se presenta la estimación anterior incluyendo las variables de control, en la columna (5) se presenta los efectos del FOSS sobre la tasa de matriculados en el sistema educativo urbano básico regular nivel primario, en la columna (6) se presenta la estimación anterior incluyendo las variables de control, en la columna (7) se presenta los efectos del FOSS sobre la tasa de matriculados en el sistema educativo nacional del área urbana y en la columna (8) se presenta la estimación anterior incluyendo las variables de control.

Las estimaciones sobre la cantidad de defunciones sugieren que el FOSS ayudó a reducir, en promedio, en 204 el número de defunciones del distrito de Salaverry en comparación con el resto de distritos, estos resultados son estadísticamente significativos. Ahora bien, al incluir las variables de control este efecto se reduce, y se obtiene que el FOSS redujo en 152 el número de defunciones del distrito de Salaverry en comparación con otros distritos. Cabe indicar que esta reducción de muertes se encuentra expresada en términos relativos respecto del resto de distritos, ya que por efecto de la pandemia de la COVID-19 la cantidad de muertes desde el 2020 aumentó para todos los distritos; sin embargo, las acciones realizadas por el FOSS para atender a los pacientes COVID-19 tuvieron un efecto positivo en la salud de la población del distrito de Salaverry como la construcción, instalación y equipamiento del Hospital de Campaña COVID-19 de Salaverry, el cual cuenta con 30 camas y dos plantas de oxígeno medicinal.

Como bien se indicó antes, la cantidad de licencias otorgadas a comercios es un indicador de actividad económica; por tanto, el efecto sobre esta variable nos dará un indicador de como

Cuadro 6: Estimaciones del modelo de diferencias en diferencias

	Salud		Actividad económica		Educación - colegios nacionales			
	Defunciones		Log. de licencias		Log. de matrícula primaria		Log. de matrícula nacional	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(Salavery)*(Pos-FOSS)	-203,91* (90,98)	-152,30** (61,01)	0,62*** (0,16)	0,72** (0,23)	0,25*** (0,03)	0,22*** (0,04)	0,20*** (0,03)	0,18*** (0,04)
Número de licencias de comercios		1,55*** (0,44)				0,001*** (0,0003)		0,0009*** (0,0003)
Población con DNI		-0,001** (0,0004)		-1,68e-06 (2,58e-06)		-1,17e-07 (5,20e-07)		-3,62e-08 (4,23e-07)
Observaciones	50	50	49	49	210	175	210	175
R ²	0,92	0,94	0,86	0,87	0,99	0,99	0,99	0,99

Nota: «Salaverry» es una dummy que toma el valor de 1 para el distrito de Salaverry y 0 en otro caso y la variable «Pos-FOSS» toma el valor de 1 del año 2020 en adelante y 0 en otro caso. Las estimaciones presentan efectos fijos por año y departamento. Las estimaciones incluyen errores estándar clusterizados por distrito.

* $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

afectó el FOSS a la actividad económica del distrito del Salaverry. Según las estimaciones de la columna (3) el FOSS generó un incremento, estadísticamente significativo, en la apertura de comercios del distrito de Salaverry en un 62 % en relación al resto de distritos y en la columna (4), luego de agregar las variables de control, se estima que el efecto fue de 72 %. Cabe señalar que, los efectos sobre la actividad económica pueden encontrarse influenciados por la concesión del TPMS que inició operaciones bajo esta modalidad en el 2018, ya que, es posible que los efectos de la concesión de esta infraestructura de transporte impacten en la variable de actividad económica con el paso de los años.

Ahora bien, los efectos sobre las variables de educación se encuentran estimados en las columnas de la (5) a la (8). En las columnas (5) y (6) se estima el efecto sobre la tasa de matriculados en el sistema educativo urbano básico regular nivel primario y se encuentra que el FOSS generó un incremento, estadísticamente significativo, del 25 % sobre la tasa de matrícula del sistema educativo urbano básico regular nivel primario en el distrito de Salaverry en comparación con el resto de distritos; además, al agregar las variables de control se observa que este efecto sigue siendo estadísticamente significativo y es del 22 %.

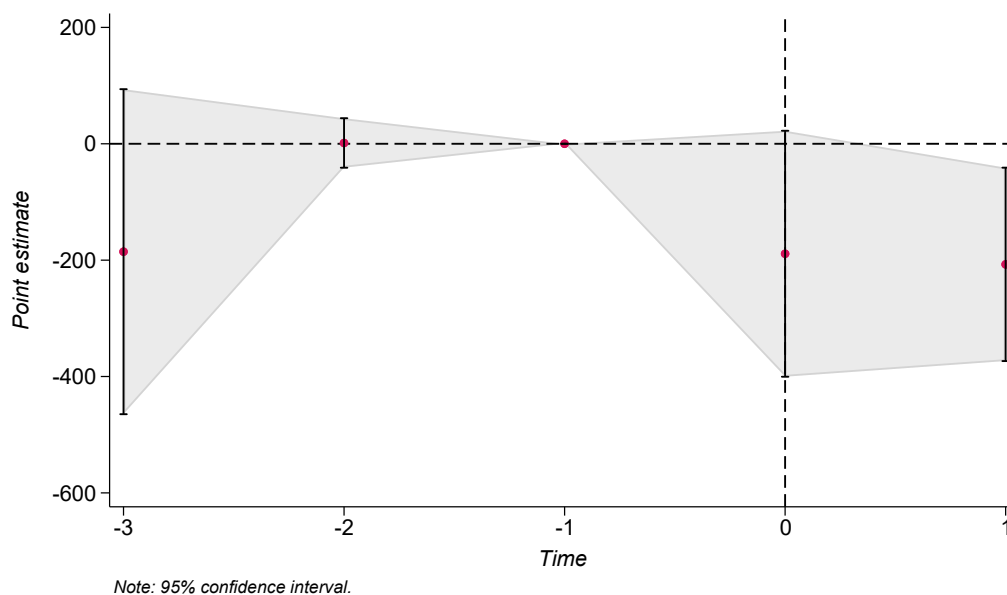
Por otro lado, en las columnas (7) y (8) se estima el efecto sobre la tasa de matriculados en el sistema educativo nacional del área urbana, los resultados indican que existe un efecto estadísticamente significativo del 20 % sobre esta variable en el distrito de Salaverry. Al agregar las variables de control este efecto es ahora del 18 % y sigue siendo estadísticamente significativo. Los resultados sobre las variables de educación deja en evidencia lo importante de las acciones del FOSS como la construcción de pabellones de estudios e implementación de infraestructura de mobiliario educativo entre escritorios, sillas, pizarras, carpetas y estantes; así como la construcción y equipamiento del Centro Educativo Básica Especial.

Las estimaciones a través del método de diferencias en diferencias son válidas si se cumple el supuesto de tendencias paralelas. Una forma indirecta de validar este supuesto es a través de la estimación de un estudio de eventos. Los coeficientes estimados a partir de este estudio de eventos se presentan en las figuras 4 y 5. De la figura señalada se puede observar que, en las cuatro variables analizadas, antes del tratamiento (periodo 0) los puntos estimados son estadísticamente iguales a cero lo que valida el cumplimiento del supuesto de tendencias paralelas; además, en estas figuras se puede observar que en el caso de las variables de defunciones y licencias otorgadas a comercios los efectos parecen ser significativos a partir del 2021, mientras que en las variables de matrícula el efecto empieza a partir del 2020.

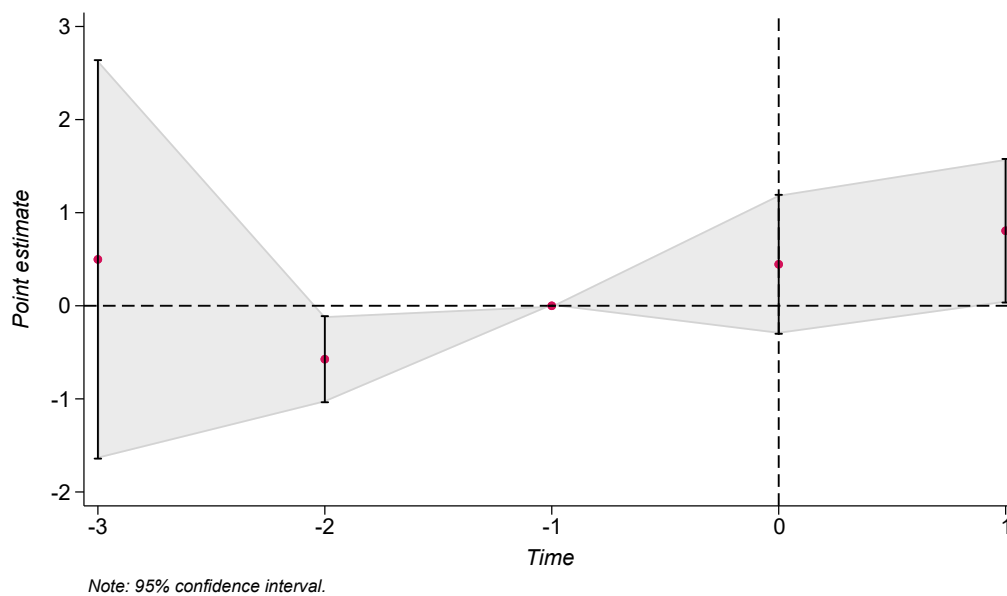
Para darle mayor robustés a los resultados encontrados mediante las estimaciones del modelo de diferencias en diferencias se aplica el método de control sintético con la finalidad de crear una réplica sintética para cada una de las cuatro variables de resultado del distrito de Salaverry. Para ello, se emplea como variables de control el número de licencias de comercios y el número de personas con DNI.

En la figura 6a se muestra la evolución del número de defunciones del distrito de Salaverry en comparación con su réplica sintética para el periodo desde el 2017 hasta el 2021; asimismo, se identifica que después de la implementación del FOSS en el 2020, existe una brecha entre ambas líneas, evidenciando un impacto positivo en la reducción de defunciones de la unidad tratada en el 2021, esto debido a que el FOSS realizó intervenciones en el mejoramiento de infraestructura de salud, así como en la adquisición de equipamiento adecuado para la atención de pacientes diagnosticados con COVID-19.

De la misma manera, en la figura 6b se muestra el comportamiento del número de licencias otorgadas a comercios dentro del distrito de Salaverry comparado con el comportamiento de la unidad de control sintético, observando que, hacia el año 2021, la cantidad del

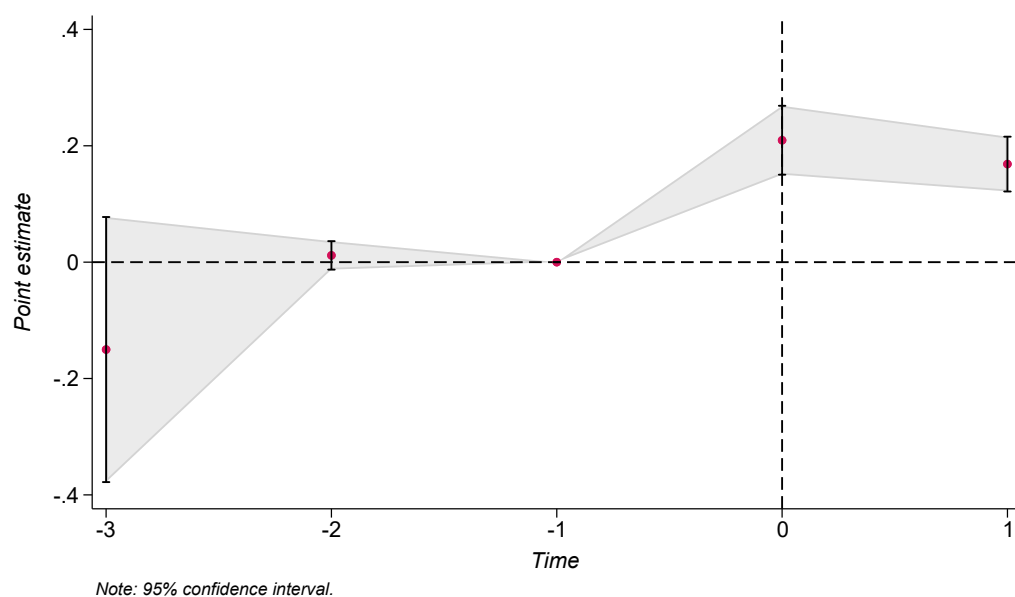


(a) Defunciones

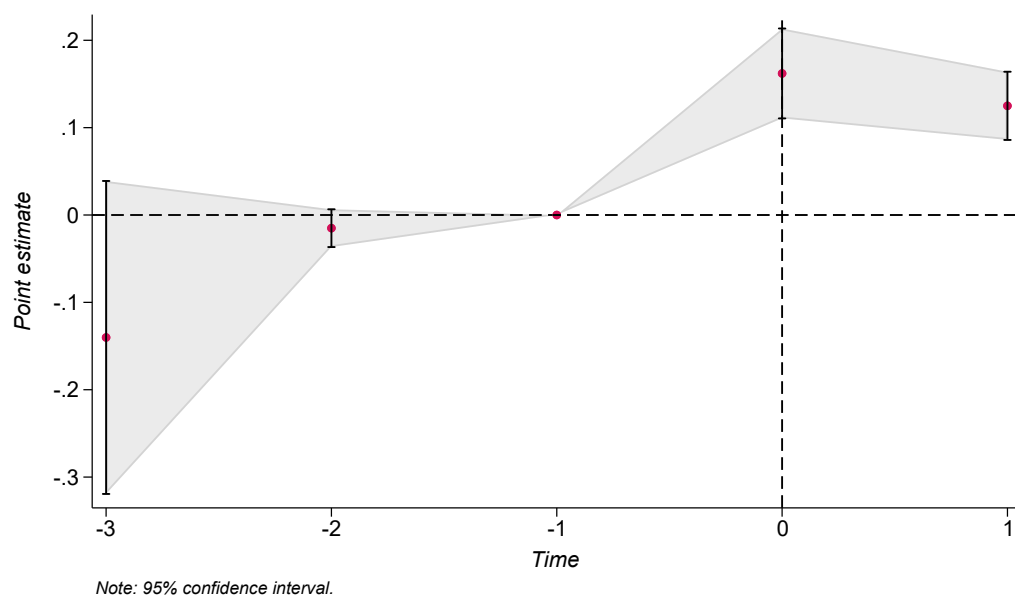


(b) Licencias a comercios

Figura 4: Estudio de eventos

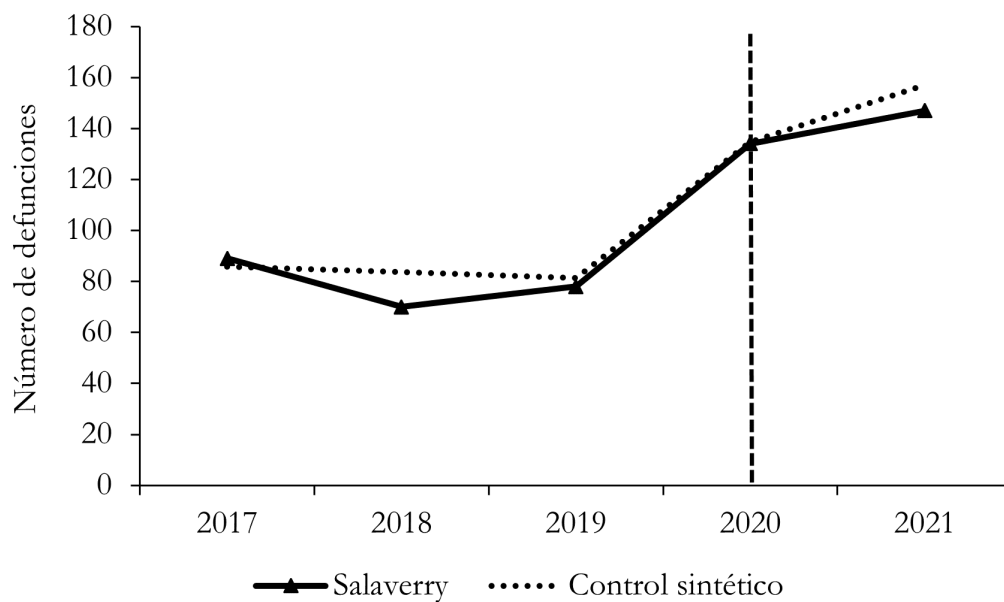


(a) Matrícula primaria urbana

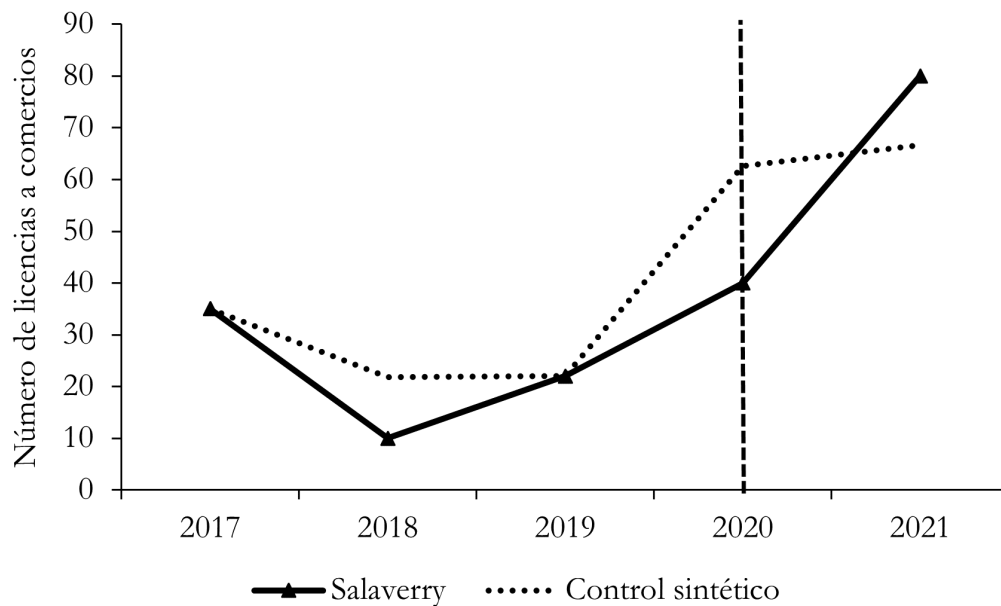


(b) Matrícula nacional urbana

Figura 5: Estudio de eventos

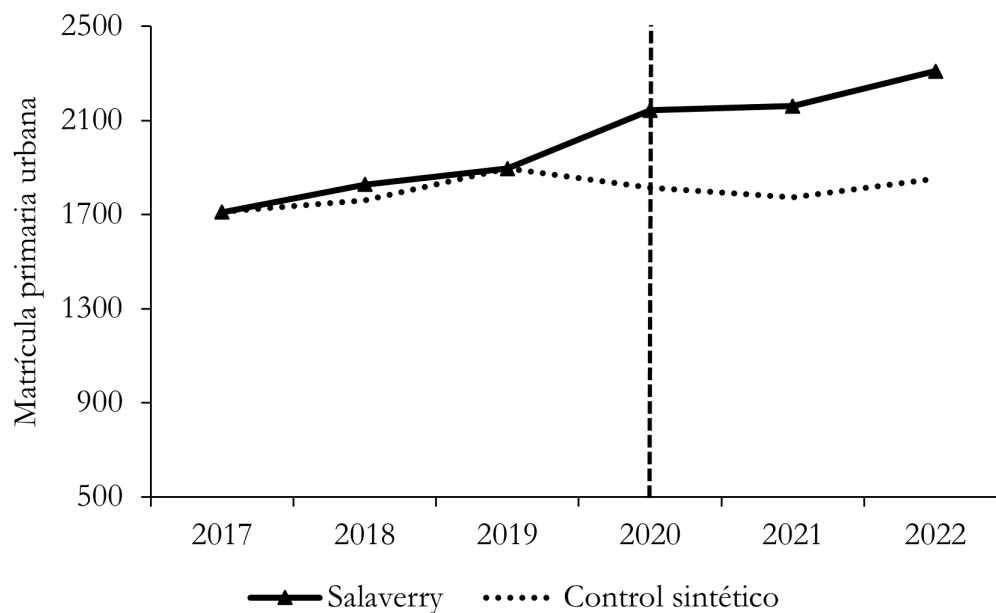


(a) Defunciones

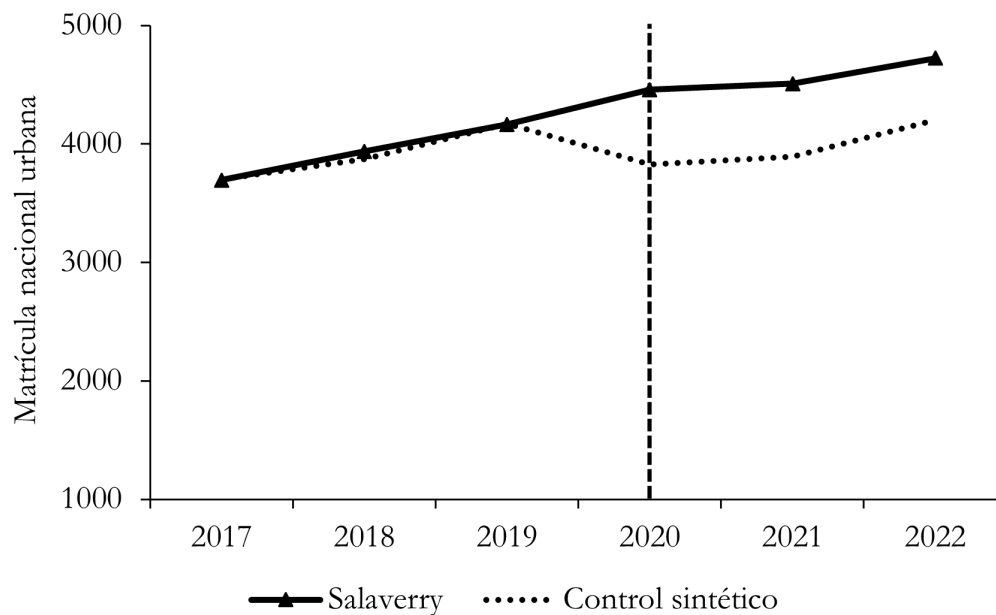


(b) Licencias a comercios

Figura 6: Control sintético para el distrito de Salaverry - 1



(a) Matrícula primaria urbana



(b) Matrícula nacional urbana

Figura 7: Control sintético para el distrito de Salaverry - 2

número de licencias a comercios otorgada en el distrito de Salaverry se incrementó a diferencia del decrecimiento mostrado de la réplica sintética la cual no tuvo intervención alguna, este aparente cambio en la tendencia en la cantidad de licencias otorgadas puede deberse a los proyectos y programas de emprendimiento impulsados por el FOSS para incentivar las actividades económicas del distrito de Salaverry así como a la mayor actividad económica impulsada por la concesión del TPMS.

Ahora bien, en la figura 7a se muestra la evolución del número de alumnos matriculados en el sistema educativo urbano del nivel primario del distrito de Salaverry, así como del comportamiento de su réplica sintética; en el gráfico se puede evidenciar como la unidad de control sintético tienen un movimiento desacelerado respecto al crecimiento del número de matrículas del distrito de Salaverry después de la implementación del FOSS en el 2020, la brecha existente es consecuencia de las inversiones realizadas en el mejoramiento de las infraestructuras y la accesibilidad del internet para las clases virtuales.

Por último, en la figura 7b se muestra la evolución del número de alumnos matriculados en el sistema educativo nacional del área urbana desde el 2017 hasta el 2022; en el cual, se puede observar que el distrito de Salaverry tiene un comportamiento similar al de su réplica sintética, antes de la implementación del FOSS en el 2020. No obstante, después de esa fecha, se aprecia una brecha entre ambas líneas, lo que indica que el FOSS logró incrementar el número de alumnos matriculados en el sistema educativo nacional del área urbana en el distrito de Salaverry en comparación con su réplica sintética, esto como punto de partida luego de las inversiones en infraestructura y equipamiento educativo, así como la accesibilidad a las clases virtuales realizadas por el FOSS.

Por lo tanto, los resultados encontrados dejan una clara evidencia del efecto que ha tenido el FOSS sobre la población del distrito de Salaverry en comparación con otros distritos del departamento de La Libertad. Los resultados muestran que, principalmente, las acciones del Fondo Social han sido importantes en la lucha contra la COVID-19 y en las mejoras educativas permitiendo que una mayor cantidad de alumnos acceda al sistema educativo, tal como se evidenció en las estimaciones, este efecto se da en mayor medida en los alumnos de nivel primario.

En este contexto, la labor de ProInversión como promotor de grandes proyectos resulta relevante ya que permite agilizar y simplificar estos procesos estandarizando los contratos a través de un trabajo articulado con ministerios, autoridades y el sector privado haciendo énfasis en la promoción de inversión en las regiones, lo cual permite poner en valor el aporte de ProInversión al país, no solo mediante la promoción de proyectos de infraestructura y servicios públicos, sino también a través de la inclusión de este tipo de cláusulas en los contratos que posibiliten a la empresa privada contribuir socialmente con la población de la zona de influencia y fortalecer la confianza en el sistema APP.

6. Conclusiones

El objetivo de este artículo es cuantificar el efecto que ha tenido la implementación de proyectos realizados por el Fondo Social Salaverry sobre la lucha contra la pandemia de la COVID-19, el déficit de educación básica, así como su impacto en la actividad económica. Cabe indicar que, el referido Fondo Social se constituyó legalmente en el 2019; sin embargo, inició sus actividades de apoyo a población del distrito de Salaverry en el 2020.

Entre los principales proyectos en educación que impulsó el Fondo Social de Salaverry se encuentra el mejoramiento y equipamiento de Instituciones Educativas Nacionales y Pa-

roquiales, la construcción y equipamiento del Centro Educativo Básica Especial y otros beneficios como donación de becas, capacitación a profesores y acceso a internet para estudiantes. Por otra parte, los principales proyectos en salud se encuentran orientados a la lucha contra la pandemia de la COVID-19 como la construcción, instalación y equipamiento del Hospital de Campaña COVID-19 de Salaverry, la habilitación de plantas de oxígeno medicinal y la contratación de profesionales de la salud para el Centro de Salud de Salaverry, entre otros.

Los resultados evidencian que existe un efecto estadísticamente significativo en beneficio de la población del distrito de Salaverry. En particular, se observa que en el distrito de Salaverry el número de fallecidos durante la pandemia de la COVID-19 fue menor en comparación con los otros distritos de la provincia de Trujillo. Se estima que la instalación y equipamiento del Hospital de Campaña COVID-19, la implementación de las plantas de oxígeno medicinal, entre otros proyectos de salud ayudaron a salvar entre 152 y 204 vidas.

Por otra parte, los efectos sobre la tasa de matrícula escolar en el sistema educativo nacional del área urbana son positivos y estadísticamente significativos. Se evidencia un impacto de los proyectos educativos implementados por el Fondo Social Salaverry en la tasa de matrícula en el sistema educativo urbano básico regular nivel primario entre el 22 % y 25 % y un impacto en la tasa de matrícula en el sistema educativo nacional del área urbana entre el 18 % y 20 %, en el distrito de Salaverry en comparación con otros distritos. Cabe señalar que el efecto sobre la tasa de matrícula de los alumnos del nivel primaria resultó mayor que la tasa de matrícula en el sistema educativo nacional.

En lo que respecta a la actividad económica, los resultados muestran un posible impacto de los proyectos implementados por el Fondo Social Salaverry en el distrito de Salaverry. No obstante, dicho impacto también podría deberse al inicio de operaciones de la concesión del Terminal Portuario Multipropósito de Salaverry.

En ese sentido, el estudio evidencia que la implementación contractual del Fondo Social de Salaverry por parte de ProInversión y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su contrato de concesión, ha generado un impacto positivo en el distrito de Salaverry sobre variables relacionadas con la salud y educación e, incluso, podría haber generado efecto en la actividad económica. Por lo tanto, dicha experiencia podría ser tomada en consideración para ser implementada en los futuros contratos de concesión ya que posibilitan a que la empresa privada contribuya socialmente con la población de la zona de influencia y a fortalecer la confianza en el sistema APP.

Finalmente, debido a que el Fondo Social del Terminal Portuario Multipropósito de Salaverry presenta características similares a las del Fondo Social del Terminal Portuario General San Martín y del Fondo Social del Terminal Portuario de Paita, se podría esperar que estos fondos también hayan tenido un impacto positivo en la población de la zona de influencia. Por lo tanto, sería conveniente que se evalúe el impacto de la implementación de cada uno de estos fondos sociales en el bienestar de la población.

Referencias

- Abadie, A., Diamond, A., y Hainmueller, J. (2010). Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program. *Journal of the American statistical Association*, 105(490), 493–505.
- Abadie, A., y Gardeazabal, J. (2003). The economic costs of conflict: A case study of the basque country. *American economic review*, 93(1), 113–132.
- Angelucci, M., y Attanasio, O. (2009). Oportunidades: program effect on consumption, low participation, and methodological issues. *Economic development and cultural change*, 57(3), 479–506.
- Barrera-Osorio, F., Bertrand, M., Linden, L. L., y Pérez-Calle, F. (2008). *Conditional cash transfers in education design features, peer and sibling effects evidence from a randomized experiment in Colombia* (Inf. Téc.). National Bureau of Economic Research.
- Behrman, J. R., Parker, S. W., y Todd, P. E. (2009). Schooling impacts of conditional cash transfers on young children: Evidence from Mexico. *Economic development and cultural change*, 57(3), 439–477.
- Bertrand, M., Duflo, E., y Mullainathan, S. (2004). How much should we trust differences-in-differences estimates? *The Quarterly journal of economics*, 119(1), 249–275.
- Cavero-Arguedas, D., Cruzado de la Vega, V., y Cuadra-Carrasco, G. (2017). Los efectos de los programas sociales en la salud de la población en condición de pobreza: evidencias a partir de las evaluaciones de impacto del presupuesto por resultados a programas sociales en Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 34, 528–537.
- Gibbons, P. W., Kim, J., Cash, R. E., He, S., Lai, D., Christian Renne, B., y Lee, J. (2023). Influence of icu surge and capacity on covid mortality across US States and regions during the covid-19 pandemic. *Journal of Intensive Care Medicine*, 38(6), 562–565.
- Gupta, S., Hayek, S. S., Wang, W., Chan, L., Mathews, K. S., Melamed, M. L., ... others (2020). Factors associated with death in critically ill patients with coronavirus disease 2019 in the US. *JAMA internal medicine*, 180(11), 1436–1447.
- Kolesar, R. J., Tsheten, T., y cols. (2023). Evaluating country performance after transitioning from gavi assistance: An applied synthetic control analysis. *Global Health: Science and Practice*, 11(4).
- Kreif, N., Grieve, R., Hangartner, D., Turner, A. J., Nikolova, S., y Sutton, M. (2016). Examination of the synthetic control method for evaluating health policies with multiple treated units. *Health economics*, 25(12), 1514–1528.
- Liang, L.-L., Tseng, C.-H., Ho, H. J., y Wu, C.-Y. (2020). Covid-19 mortality is negatively associated with test number and government effectiveness. *Scientific reports*, 10(1), 12567.
- Martorano, B., y Sanfilippo, M. (2012). Innovative features in poverty reduction programmes: An impact evaluation of Chile solidario on households and children. *Journal of International Development*, 24(8), 1030–1041.
- Monge, Á., Seinfeld, J., y Campana, Y. (2017). Evaluación de impacto del programa Juntos- resultados finales. *Statistics*, 67(4), 547–69.
- Sánchez, A., Jaramillo, M., y cols. (2012). Impacto del programa Juntos sobre nutrición temprana. *Revista Estudios Económicos*, 23(1), 53–66.
- Somers, M.-A., Zhu, P., Jacob, R., y Bloom, H. (2013). The validity and precision of the comparative interrupted time series design and the difference-in-difference design in educational evaluation. *MDRC*.
- Thom, M. (2022). Can additional funding improve mental health outcomes? Evidence from a synthetic control analysis of California's millionaire tax. *PLoS One*, 17(7), e0271063.

- Vives, A., y Peinado-Vara, E. (2011). *La responsabilidad social de la empresa en América Latina*. Fondo Multilateral de Inversiones, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Weiss, W., Piya, B., Andrus, A., Ahsan, K. Z., y Cohen, R. (2022). Estimating the impact of donor programs on child mortality in low-and middle-income countries: a synthetic control analysis of child health programs funded by the United States Agency for International Development. *Population Health Metrics*, 20, 1–16.
- Zavakou, A. (2011). An evaluation of the cct program Familias en acción on grade failure and school drop-out rates. En *nd*): n. pag. web.http://www.usfs.cz/prilohy/konference/3_sc_f1_zavakou.pdf.

Una aproximación de los impactos de las concesiones viales en Perú: Casos de las carreteras Buenos Aires–Canchaque, Longitudinal de la Sierra Tramo 2 y Tramo vial Dv. Quilca–La Concordia

Resumen

En este trabajo se realiza una aproximación al impacto de tres contratos de concesión de infraestructura vial sobre un conjunto de variables relevantes relacionadas con el bienestar. De acuerdo con las estimaciones realizadas, bajo el método de variables instrumentales, la concesión de la carretera Empalme 1B–Buenos Aires–Canchaque ha tenido, en general, un impacto favorable en el bienestar de las personas en las áreas de influencia de esta concesión. Por otra parte, tras utilizar el método de *propensity score matching*, se puede afirmar que en aquellos tramos de los proyectos Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios–Cajamarca–Chiple–Cajamarca–Trujillo–Dv. Chilete–Emp. PE–3N y Tramo Vial Dv. Quilca–Dv. Arequipa (Repartición)–Dv. Matarani–Dv. Moquegua–Dv. Ilo–Tacna–La Concordia, ambas concesiones han tenido un impacto favorable al identificarse una reducción de accidentes, menos heridos y menos muertes en comparación a tramos de carreteras no concesionados.

Palabras clave: asociación público-privada, contratos de concesión, evaluación de impacto, carreteras.

Abstract

This paper approximates the impact of three road infrastructure concession contracts on a set of relevant variables related to people's welfare, such as employment, education, health, asset ownership and accident rates. According to the estimates made under the instrumental variables method, the Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque road concession has had, in general, a favourable impact on the well-being of people in the areas of influence of this concession. On the other hand, after using the propensity score matching method, it can be affirmed that in those sections of the projects Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios-Cajamarca-Chiple-Cajamarca-Trujillo-Dv. Chilete-Emp. PE-3N and Tramo Vial Dv. Quilca-Dv. Arequipa (Repartición)-Dv. Matarani-Dv. Moquegua-Dv. Ilo-Tacna-La Concordia, both concessions have had a favourable impact by identifying a reduction in accidents, fewer injuries and fewer fatalities compared to non-concessioned road sections.

Keywords: public-private partnership, concession contracts, impact assessment, roads.

El autor del presente trabajo de investigación es Julio Cesar Aguirre Montoya. Este documento fue previamente publicado por Proinversión con los aportes derivados del proceso de revisión por pares, en el marco de la Red de Evaluación y Buenas Prácticas en APP (Red APP) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y está disponible en: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/1/JER/CONCESIONES_VIALES_PERU/Impacto-de-las-Concesiones-Viales-en-Peru-edicion-nro-2.pdf

*Los editores agradecen a Gonzalo Ruiz por sus valiosos comentarios y sugerencias.

1. Introducción

La infraestructura de transporte impacta en la economía tanto a nivel microeconómico como macroeconómico. Los resultados más comunes de las intervenciones por parte de los gobiernos en materia de transporte se presentan sobre la conectividad física entre localidades, el acceso a la educación y salud de la población, el acceso a mercados de insumos y productos de las empresas, el desarrollo del mercado local, los ingresos y el bienestar de las personas.

En países en desarrollo como el Perú, con niveles altos de dispersión poblacional y geografía accidentada, invertir en infraestructura de transporte resulta muy beneficioso ya que los traslados suelen presentar costos muy elevados. En cuanto al impacto en la economía, reducir los costos de transporte puede llevar a incrementar la productividad, estimular el volumen del comercio, abrir nuevos mercados, inducir la formación de nuevas industrias y reasignar la producción de bienes a lo largo de una red de transporte. A su vez, incrementar el comercio y la productividad resulta en mayor producción y salarios más altos. Respecto al sector educativo, los costos de transporte impactan positivamente sobre la tasa de escolaridad y las oportunidades y opciones educativas (Francisco & Tanaka, 2019). Por último, en cuanto a los beneficios para la salud, un mejor sistema de transporte puede incrementar la seguridad alimentaria y facilitar el acceso de la población a instalaciones médicas (Berg et al., 2014).

En el Perú, en las últimas décadas, ha habido un despliegue de infraestructura de carreteras de importancia nacional como parte de un Programa de Asociaciones Público-Privadas (APP), con el objetivo de promover la participación de la inversión privada en el desarrollo de infraestructura de transporte (portuaria, aeroportuaria, ferrovías y red vial), principalmente. En efecto, el Programa de APP se encuentra articulado a los objetivos del Plan de Desarrollo de la Infraestructura de Transporte Público, orientado a garantizar el desarrollo y mantenimiento de las infraestructuras. Dicho programa se inició mediante un sistema de contratos de construcción, operación y transferencia (BOT), mediante el cual una empresa privada construye y financia un proyecto de infraestructura y luego cobra por el uso del servicio durante un periodo determinado, finalizado dicho periodo la infraestructura total se transfiere al Estado. En el año 1994, se inició la primera concesión, la carretera Arequipa – Matarani, a cargo de la empresa CONCAR S.A. El plazo contractual de esta concesión culminó en diciembre del año 2007, y ese mismo año, producto de un proceso competitivo, fue entregada en concesión a la empresa COVISUR S.A., que se haría cargo, en adelante, de la construcción, conservación, mantenimiento y explotación de los tramos Matarani – Azángaro e Ilo durante un plazo de 25 años.³ Prácticamente, se tiene que, desde principios de la década del 2000 hasta la fecha, se ha concesionado un total de 17 proyectos, de los cuales 16 proyectos se encuentran en operación, comprendiendo una inversión total de aproximadamente USD 5000 millones (incluyendo IGV), habiéndose ejecutado el 96,5 % de dicho total (es decir, USD 4800 millones, incluyendo IGV). Asimismo, de dicho total de proyectos, 10 han sido concesionados bajo la modalidad cofinanciada y 6 han sido concesionados bajo la modalidad autosostenible.

Luego de una revisión de literatura en materia de evaluaciones de impacto en el sector del transporte vial, así como de información administrativa disponible de índole socioeconómico en entidades públicas oficiales del país tales como el Instituto Nacional de

³ El 24 de octubre de 2007 se suscribió el contrato de concesión de las obras y el mantenimiento del Tramo N.º5 del Proyecto Corredor Vial Interoceánico Sur, Perú-Brasil del “Plan de Acción para la Integración de Infraestructura Regional Sudamericana – IIRSA”, entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), y la empresa Concesionaria Vial del Sur S. A. – Covisur. Mayores detalles en los portales web del MTC (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/concesiones/concesiones_transportes.html) y del Ositrán (<https://www.ositrán.gob.pe/anterior/publicaciones/ya-visitaste-nuestra-nueva-pagina-web/>).

Estadística e Informática–INEI, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones–MTC y el Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público–OSITRAN, se consideró factible analizar, como variables de resultados sobre las cuales medir el impacto, las relacionadas con empleo, ingreso, calidad de vivienda, educación y siniestralidad.

Dado lo anterior, este trabajo tiene por finalidad realizar una aproximación del impacto de (i) la concesión (cofinanciada) Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque en la calidad de vivienda, ingresos del hogar, educación y empleo en su zona de influencia; así como del impacto sobre la siniestralidad (choques, heridos y fallecidos) de (ii) la concesión (cofinanciada) Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios-Cajamarca-Chiple-Cajamarca-Trujillo-Dv. Chilete-Emp. PE-3N y de (iii) la concesión (autosostenible) del proyecto Tramo Vial Dv. Quilca-Dv. Arequipa (Repartición)-Dv. Matarani-Dv. Moquegua-Dv. Ilo-Tacna-La Concordia.

Se considera como aportes de este estudio, por un lado, el brindar órdenes de magnitud de los impactos de algunos proyectos viales en los que participa el sector privado a través de las APP, lo que se constituye en información relevante basada en evidencia que ayudará a futuras decisiones por parte del Estado y organismos multilaterales como el BID al fomentar mayor inversión en infraestructura en el país. Por otra parte, se puede constituir en un mecanismo de rendición de cuentas de las decisiones de política (en este caso, el de optar por un esquema de concesión) frente a los ciudadanos, quienes esperan beneficiarse del uso de las infraestructuras desplegadas a través de las concesiones. Asimismo, dada la relativa ausencia de este tipo de evaluaciones aplicados al Perú, se considera que esta investigación aporta a la evidencia empírica local y brinda posibilidades de extraer lecciones para el diseño de futuros proyectos y su replicabilidad.

Además de esta introducción, este documento contiene cuatro secciones adicionales. En la primera, se presenta un breve diagnóstico de los proyectos de infraestructura vial promovidos por ProInversión que se encuentran en transacción y ejecución. En la segunda, se realiza una revisión de literatura nacional e internacional sobre estudios similares. En la tercera, se realiza la aproximación del impacto económico de tres contratos de concesión de proyectos de infraestructura vial y se presentan los correspondientes resultados. Y, en la cuarta, se desarrollan las conclusiones y algunas recomendaciones.

2. Breve diagnóstico de los proyectos de infraestructura vial promovidos por ProInversión

Desde la década del 90 el Perú emprendió un programa de APP el cual se inició bajo el objetivo de promover la participación de la inversión privada en el desarrollo de infraestructura de transporte (portuaria, aeroportuaria, ferrovías y red vial) principalmente.

En cuanto a la Red Vial Nacional, actualmente se encuentran en concesión 17 proyectos, de los cuales 16 están en operación (ver Cuadro 1).⁴ De ellos, hay un grupo de 3

⁴ Aún al momento de elaboración de este estudio, existían dos proyectos en cartera de ProInversión pensados en ser implementados bajo la modalidad cofinanciada. El primero de ellos, recientemente ya adjudicado, es el proyecto Anillo Vial Periférico, que a su vez se constituye en la primera vía urbana concesionada por ProInversión, de 33,2 km y una inversión proyectada de USD 2380 millones (más USD 1100 millones de costo por liberación de precios, interferencias y otros gastos), a desarrollarse en la Provincia Constitucional del Callao. El otro proyecto, actualmente en transacción, es la Longitudinal de la Selva Tramo 4; Huancayo–Izcuchaca–Mayoc–Ayacucho–Andahuaylas–Puente Sahuinto, de 773.1 km y una inversión proyectada de USD 1100 millones, a desarrollarse en las regiones de Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Ica y Junín.

concesiones que involucran a carreteras de penetración (con extensiones inferiores a los 100 Km.) y otro grupo restante de 14 concesiones con extensión vial mayor.

Los proyectos de APP con mayor extensión vial son IIRSA Norte, Longitudinal de la Sierra Tramo 2, IIRSA Sur Tramo 5 e IIRSA Sur Tramo 1, con un recorrido de 955,1 km, 875,1 km, 854,6 km y 757,6 km, respectivamente. De estos, IIRSA Norte e IIRSA Sur Tramo 1 son las carreteras que conectan más regiones: IIRSA Norte conecta 5 (Loreto, San Martín, Amazonas, Lambayeque y Piura) e IIRSA Sur Tramo-1 conecta 4 (Ica, Ayacucho, Apurímac y Cusco). Los proyectos con menor extensión vial son Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque, Óvalo Chancay-Dv. Variante Pasamayo-Huaral-Acos, Nuevo Mocupe-Cayaltí-Oyotún, con menos de 100 km de recorrido.

Asimismo, de los 17 proyectos que forman parte de la Red Vial Nacional, 11 han sido concesionados bajo la modalidad cofinanciada y 6 han sido concesionados bajo la modalidad autosostenible. Los 16 proyectos en operación comprenden una inversión total comprometida de casi USD 5000 millones (incluyendo IGV), habiéndose ejecutado a la fecha el 96,5 % de dicho total, es decir, USD 4800 millones (incluyendo IGV). Los proyectos listados suman una extensión de 5873.1 km, mientras que la Red Vial Nacional tiene una extensión total de 24003.3 km, lo que indica que el porcentaje de la extensión de la Red Vial Nacional compuesta por proyectos concesionados es de un 24.47%.

En base a información disponible, este estudio se centrará en tres concesiones viales. A saber, la concesión del proyecto Empalme 1B - Buenos Aires – Canchaque. Este proyecto se concesionó bajo la modalidad cofinanciada, es una carretera de penetración (78.1 Km) y por su ubicación impacta distritos desde la sierra hasta la costa piurana. Las variables de resultado serían, básicamente, calidad de vivienda, ingresos del hogar, educación y salud. La disponibilidad de información hace factible recurrir a una aproximación cuasi experimental utilizando variables instrumentales, permitiendo lidiar con el usual problema de endogeneidad entre la decisión de concesionar y las variables de resultado. Adicionalmente, se tienen los tramos de la concesión (cofinanciada) del proyecto Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios – Cajamarca – Chiple – Cajamarca – Trujillo – Dv. Chilete – Emp. PE-3N, y de la concesión (autosostenible) Tramo Vial Dv. Quilca-Dv. Arequipa (Repartición)-Dv. Matarani-Dv. Moquegua-Dv. Ilo-Tacna-La Concordia. El objetivo sería analizar el impacto de las concesiones en siniestralidad (choques, heridos y fallecidos), toda vez que los accidentes en las vías suelen ser una de las principales causas de muertes en el mundo (Albalade y Bel-Piñana, 2019), y el Perú no es ajeno a ello.⁴

⁴ Según la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN), las carreteras interprovinciales son las rutas con mayor índice de mortalidad en el Perú (véase: <https://sutranweb.pe/estadisticas-de-accidentes-de-transito-peru/>; visitado 04/11/24).

Cuadro 1:

Proyectos de infraestructura vial promovidos por ProInversión en el marco de las APP que actualmente se encuentran en transacción y ejecución

N.º	Proyecto	Estado	Empresa concesionaria	Plazo (años)	Modalidad	Región	Tramos	Recorrido (km)	Monto de inversión (millones de USD) con IGV	
									Comprometido	Ejecutado*
1	Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque	Ejecución-operación	Carretera Sierra Piura S. A. C.	15	Cofinanciada	Piura	Empalme Ruta 1B-Buenos Aires Buenos Aires-Canchaque	78,127	39,19	95,8 % (37,56)
2	IIRSA Norte: Paita-Yurimaguas	Ejecución-operación	IIRSA Norte S. A.	25	Cofinanciada	Loreto San Martín Amazonas Lambayeque Piura	Yurimaguas-Tarapoto Tarapoto-Rioja Rioja-Corral Quemado Corral Quemado-Olmos Olmos-Piura Piura-Paita	955,10	641,4	94,1 % (603,4)
3	Nuevo Mocupe-Cayaltí-Oyotún	Ejecución-operación	Concesión Valle del Zaña S. A	15	Cofinanciada	Lambayeque	Nuevo Motupe-Zaña Zaña-Cayaltí Cayaltí-Oyotún	46,797	24,85	99,9 % (24,83)
4	Autopista del Sol: Tramo vial Trujillo-Sullana	Ejecución-operación	Concesionaria Vial del Sol S. A. (Covisol)	25	Autosostenible	La Libertad Lambayeque Piura	Trujillo-Chiclayo Chiclayo-Piura Piura-Sullana	474,99	492,6	90,8 % (447,4)
5	Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios-Cajamarca-Chiple-Cajamarca-Trujillo-Dv. Chilete-Emp. PE-3N	Ejecución-operación	Concesionaria Vial Sierra Norte S. A. (Convial)	25	Cofinanciada	La Libertad Cajamarca	Ciudad de Dios-Cajamarca Chiple, Cajamarca-Trujillo Dv. Chilete Emp. PE-3N	875,10	269,2	82,8 % (222,9)
6	Red Vial N.º 4: Pativilca-Santa-Trujillo y Puerto Salaverry	Ejecución-operación	Sociedad Concesionaria Autopista del Norte S. A. C. (Aunor)	25	Autosostenible	Lima Áncash La Libertad	Pativilca-Santa Santa-Puerto Salaverry Puerto Salaverry-Emp. R01N	356,21	286,17	89,54 % (255,97)
7	Red Vial N.º 5: Ancón-Huacho-Pativilca	Ejecución-operación	Norvial S. A.	25	Autosostenible	Lima	Ancón-Huacho Ancón-Puente Chancay Huacho-Pativilca	182,66	140,8	122,2 % (172)
8	Óvalo Chancay-Dv. Variante Pasamayo-Huaral-Acos	Ejecución-operación	Consorcio Concesión Chancay-Acos S. A.	15	Cofinanciada	Lima	Óvalo Chancay-Huaral Huaral-Acos Dv. Variante Pasamayo-Huaral	76,50	41,57	99,1 % (41,21)
9	IIRSA Centro Tramo 2: Puente Ricardo Palma-La Oroya-Huancayo y La Oroya-Dv. Cerro de Pasco	Ejecución-operación	Desarrollo Vial de los Andes S. A. C. (Deviandes)	25	Autosostenible	Lima Junín Pasco	Pte. Ricardo Palma-La Oroya La Oroya-Huancayo La Oroya-Dv. Cerro de Pasco	377,37	153,7	78,3 % (120,3)
10	Red Vial N.º 6: Puente Pucusana-Cerro Azul-Ica	Ejecución-operación	Concesionaria Vial del Perú S. A. (Coviperú)	30	Autosostenible	Lima Ica	Pte. Pucusana-Ingreso Cerro Azul Ingr. Cerro Azul-Cerro Calavera Cerro Calavera-Pampa Clarita	221,7	258,8	100 %

N.º	Proyecto	Estado	Empresa concesionaria	Plazo (años)	Modalidad	Región	Tramos	Recorrido (km)	Monto de inversión (millones de USD) con IGV	
									Comprometido	Ejecutado*
							Pampa Clarita-Chincha Alta Chincha Alta-Emp. San Andrés Emp. San Andrés-Guadalupe			
11	IIRSA Sur Tramo 1: San Juan de Marcona-Urcos	Ejecución-operación	Carretera Andina del Sur S. A. C.	25	Cofinanciada	Ica Ayacucho Apurímac Cusco	San Juan-Emp. Panamericana Emp. Panamericana-Nazca Nazca-Dv. Pampa Chiri Dv. Pampa Chiri-Chalhuanca Chalhuanca-Emp. R03S Emp. R03S-Abancay Abancay-Pte. Cunyac Pte. Cunyac-Cusco Cusco-Urcos	757,6	145,4	104,57 % (152,1)
12	IIRSA Sur Tramo 2: Urcos-Inambari	Ejecución-operación	Concesionaria Interoceánica Tramo 2 S. A.	25	Cofinanciada	Cusco	Urcos-Ocongate Ocongate-Marcapata Marcapata-Quincemil Quincemil-Inambari	300	705,2	95,2 % (671,4)
13	IIRSA Sur Tramo 3: Inambari-Iñapari	Ejecución-operación	Concesionaria Interoceánica Sur Tramo 3 S. A.	25	Cofinanciada	Madre de Dios	Puente Inambari-Santa Rosa Santa Rosa-Dv. Laberinto Dv. Laberinto-Pto. Maldonado Puerto Maldonado-Alegria Alegria-Iberia Iberia-Iñapari	403,20	687,4	92,5 % (636,1)
14	IIRSA Sur Tramo 4: Inambari-Azángaro	Ejecución-operación	Intersur Concesiones S. A.	25	Cofinanciada	Puno	Puente Inambari-San Gabán San Gabán-Ollachea Ollachea-Macusani Macusani-Progreso Progreso-Dv. Asillo Dv. Asillo-Azángaro	305,90	663,6	128,6 % (853)
15	IIRSA Sur Tramo 5: Matarani-Azángaro-Ilo	Ejecución-operación	Concesionaria Vial del Sur S. A. (Covisur)	25	Cofinanciada	Arequipa Puno Moquegua	Matarani-Juliaca Ilo-Puno-Juliaca Juliaca-Azángaro	854,678	308,8	86,4 % (284,9)
16	Tramo Vial Dv. Quilca-Dv. Arequipa (Repartición)-Dv. Matarani-Dv. Moquegua-Dv. Ilo-Tacna-La Concordia	Ejecución-operación	Sociedad Concesionaria Peruana de Vías S. A. (Covinca)	25	Autosostenible	Arequipa Moquegua Tacna	Dv. Quilca-Dv. Arequipa Dv. Matarani-Dv. Moquegua Dv. Ilo-Tacna Tacna-La Concordia	428,613	134,36	28,5 % (38,3)
17	Anillo Vial Periférico	Estudios	Cintra, Acciona y Sacyr	30	Cofinanciada	Callao Lima	Óvalo 200 millas-Av. Canta Callao/Av. Naranjal Av. Naranjal-Panamericana Norte Panamericana Norte-Próceres de la Independencia	33,2	2380,34	-

|

N.º	Proyecto	Estado	Empresa concesionaria	Plazo (años)	Modalidad	Región	Tramos	Recorrido (km)	Monto de inversión (millones de USD) con IGV	
									Comprometido	Ejecutado*
							Próceres de la Independencia– Autopista Ramiro Prialé Autopista Ramiro Prialé– Separadora industrial/Carretera central Separadora industrial/Carretera central–Av. Circunvalación			
18	Longitudinal de la Sierra Tramo 4; Huancayo–Izcuchaca–Mayocc–Ayacucho–Andahuaylas–Puente Sahuinto	Transacción	-	25	Cofinanciada	Apurímac Ayacucho Huancavelica Ica Junín	Mayocc-Huanta Huanta-Ayacucho Ayacucho-Abra Tocto Abra Tocto-Ocros Ocros-Chincheros Chincheros-Abra 1 Abra 1-Andahuaylas Andahuaylas-Dv. Kishuara Dv. Kishuara-Puente Sahuinto San Clemente-Pte. Choclococha Pte. Choclococha-Ayacucho	773,120	1078,5	-

Fuente: ProInversión y Ositrán

Elaboración propia

3. Revisión de literatura

El principal mecanismo a través del cual la inversión en infraestructura de transporte impacta en la economía es a través de la conectividad física. La mejora de la conectividad física se ve reflejada en reducciones de distancia a un lugar determinado, los tiempos de viaje y los costos de transporte. Estas mejoras de acceso facilitan la circulación de personas y bienes en la economía (Andrés et al., 2013).

Cabe mencionar que los beneficios de la infraestructura de transporte no derivan directamente de su uso, sino indirectamente a través del acceso a las oportunidades de consumo o producción que permite. Es muy probable que la naturaleza y el alcance de sus beneficios dependan de su interacción con otras inversiones, infraestructuras y características del lugar donde se ubican; por ejemplo, para que una carretera repercuta en el sector social debe haber instalaciones sanitarias y educativas en funcionamiento a lo largo de ella. En ausencia de estos otros factores, las carreteras solo facilitan y aceleran la emigración de la población. Entonces, a la hora de evaluar el impacto de la infraestructura de transporte, es importante observar los factores condicionantes y su heterogeneidad entre los proyectos de carreteras.

Otra situación a considerar en las evaluaciones de impacto de las carreteras es la endogeneidad. El problema de endogeneidad surge porque la ubicación y construcción de las carreteras no es una decisión aleatoria, sino que es determinada por distintas características y/u objetivos. En este sentido, es necesario observar adecuadamente la endogeneidad para obtener estimaciones de impacto sin sesgo. Además, dado que las carreteras pueden tener efectos dispersos, resulta relevante determinar con cuidado la zona de influencia del proyecto. Si hay externalidades, escoger una zona de influencia muy limitada podría omitir estos impactos. Por otro lado, la definición de la zona de influencia también tiene implicaciones para la identificación apropiada del grupo de control; en caso el grupo de control se encuentre alejado, pero lo suficientemente cerca como para recibir efectos spillover, los resultados de la evaluación estarían distorsionados. Por último, el periodo de la data por analizar debe conceder el tiempo suficiente para que aparezcan todos los efectos de la carretera, ya que estas pueden presentar efectos de corto, mediano y largo plazo. Una evaluación que no conceda el tiempo suficiente podría subestimar o sobreestimar los efectos netos (Van de Walle, 2009).

En este acápite, se presenta una revisión de literatura relacionada con el objetivo del estudio y que tiene en consideración los elementos mencionados en párrafos previos. Asimismo, en los cuadros 2 y 3 se sistematiza la revisión realizada.

3.1 Literatura nacional

Aguirre et al. (2018) analizaron el impacto de la infraestructura de transporte vial sobre el desarrollo agrario en los Andes del Perú. Para identificar los efectos directos e indirectos, utilizaron una base de datos de corte transversal y optaron por un enfoque de variables instrumentales, donde el instrumento es la distancia ortogonal entre el centro de los distritos y las rutas potenciales. El instrumento se construyó usando el algoritmo de Kruskal. Los autores encontraron que incrementar la densidad de carreteras en los distritos rurales reduce el tiempo diario de viaje del agricultor hasta en 2,9 horas. También se redujo la proporción de hogares que necesitan más de 24 horas para desplazarse de su casa al distrito hasta en un 6 %. Además, una unidad adicional de densidad de carreteras aumenta la participación de los productores en los mercados en un 39 % y reduce la proporción de la producción utilizada

para el autoconsumo y como insumo propio en 49 % y 5 % respectivamente. No se encontraron pruebas concluyentes en cuanto al efecto sobre los ingresos agrícolas de los hogares.

A nivel general, Webb (2013) estudia la correlación entre ruralidad y productividad, argumentando que los principales mecanismos que explican dicha relación son los costos de transacción y las economías de aglomeración. Así, los ingresos de una región se verían explicados por la distancia a mercados y servicios. El autor busco brindar evidencia econométrica del efecto de la distancia y la dispersión geográfica sobre la productividad de las familias rurales, usando la base de datos de la ENAHO de 2008, donde se comprobó que el efecto de la aglomeración espacial y de la dispersión geográfica sobre la productividad es estadísticamente significativo para explicar los bajos niveles de productividad (mayores niveles de aglomeración implican una mayor productividad, mientras que mayores niveles de dispersión implican una menor productividad).

Vásquez y Bendejú (2008) estudiaron la relación entre la infraestructura vial y el crecimiento económico. En base a un modelo econométrico de crecimiento endógeno, evaluaron la presencia de relaciones de largo plazo entre el crecimiento económico del país y la infraestructura vial a través de una prueba de correlación. Los resultados de la prueba confirmaron la existencia de una relación de largo plazo entre las variables. En particular, estimaron una elasticidad –producto de la infraestructura vial– de 0,218, es decir, un aumento del 1 % en inversión de infraestructura vial produce un incremento del 0,218 % en el PBI. Asimismo, los autores exploraron la misma relación, pero a nivel regional, utilizando el método generalizado de momentos (GMM) en dos etapas. Así pudieron estimar los efectos de la infraestructura vial, eléctrica y de telecomunicaciones en el crecimiento regional. Los resultados indicaron que el efecto de las carreteras sobre el crecimiento regional es positivo; sin embargo, su magnitud es menor a la del resto de infraestructuras analizadas. Los autores argumentan que tal resultado puede deberse a que (i) para el periodo analizado (1970-2000), la red vial no había alcanzado la calidad o extensión suficiente para impulsar en mayor grado el crecimiento económico; o, (ii) a la distribución desigual de infraestructura vial entre las regiones. De todas formas, concluyen los autores, la infraestructura vial se muestra como un activo esencial para promover el crecimiento regional.

Por su parte, Yu *et al.* (2023) analizaron el efecto del proyecto Vías Nuevas de Lima – VNL sobre la calidad de la vivienda de la población. Dicho proyecto consistía en expandir y renovar carreteras de la capital bajo el objetivo de mejorar la conectividad entre los distritos, así como la eficiencia y seguridad de la infraestructura vial. Para estimar el efecto, plantearon una ecuación de regresión que relaciona la distancia euclidiana más corta entre el hogar y la autopista intervenida, con el número de personas viviendo en propiedades de alta calidad. Las estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) mostraron que, tras la renovación de la autopista, la proximidad a esta tuvo un impacto positivo sobre el número de personas viviendo en propiedades de alta calidad; sin embargo, este impacto disminuye al pasar los 13,5 metros de distancia y se vuelve estadísticamente insignificante cuando la distancia supera los 60 metros.

Finalmente, Bonifaz y Fasanando (2022), utilizando la metodología de *propensity score matching*, encontraron que la tasa promedio de accidentes, los sobrecostos y los excesos de tiempo en tramos de carreteras concesionadas son menores que el caso de tramos de carreteras no concesionadas. Asimismo, estimaron que si todas las autopistas fuesen concesionadas, el Perú ahorraría en promedio USD 189 millones al año por accidentes de tránsito.

3.2 Literatura internacional

Adugbila (2019) estudia el efecto de la infraestructura vial sobre los patrones de desarrollo residencial y las relaciones sociales en las zonas periurbanas de Tuba y Mataheko (comunidades del municipio de Kasoa, en la ciudad de Accra, Ghana). Para esto, utilizaron un enfoque metodológico mixto (cualitativo y cuantitativo): realizaron encuestas para comprender las características y experiencias vividas por las personas afectadas por la intervención y, posteriormente, usaron métodos espaciales para visualizar e interpretar la situación antes y después de las carreteras. Los resultados mostraron que la ampliación de carreteras provocó la aparición de algunos patrones de urbanización, como el cercamiento de las comunidades; impulsó la gentrificación y provocó el declive de la integración en ambas comunidades, ya que se redujeron las peticiones de ayuda, el intercambio de conocimientos y las interacciones sociales entre las comunidades vecinas. En cuanto a lo socioeconómico, los habitantes percibieron un incremento en el nivel del crimen, el costo de la vivienda y el costo de vida. Por otro lado, mejoró el nivel de acceso a los servicios públicos (transporte público, instalaciones sanitarias y escuelas primarias).

En Vietnam, Won *et al.* (2015) llevan a cabo un estudio similar. Utilizaron un método cuantitativo (encuestas pre- y post-intervención) para documentar la transformación del paisaje urbano y las condiciones socioeconómicas de los residentes asociadas al desarrollo de la carretera Nguyen Tat Thanh. Las encuestas se realizaron a 400 propietarios que vivían en (i) una zona colindante con la nueva carretera, (ii) una zona colindante con una carretera existente, pero alejada de la nueva, y (iii) una zona dentro de una manzana urbana desconectada de todo tipo de vía de circulación de vehículos. Los resultados mostraron que el desarrollo de las carreteras influyó en los tipos de viviendas, la densidad poblacional y los usos de los edificios, el nivel de ingresos, las distancias de desplazamiento y el tipo de ocupación. En particular, tras el proyecto, el desarrollo de casas tubulares contemporáneas incrementó; se construyeron edificios comerciales en zonas antes residenciales; el ingreso anual personal se incrementó, en promedio, en un 85,2 % y, muchas personas insatisfechas con sus empleos, en su mayoría migrantes acomodados económicamente, renunciaron para ser propietarios, rentar y/o instalar comercios minoristas.

Baum-Snow (2007) evaluó en qué medida la construcción de nuevas autopistas de acceso limitado contribuyó al declive demográfico de las ciudades centrales en Estados Unidos durante 1950-1990. Para estimar el efecto causal de las autopistas, optó por un modelo de variables instrumentales. Como medida de las autopistas utiliza la variable “vía”, donde “vía” es el segmento de carretera que conecta el distrito central de negocios (CBD) de la ciudad con la región fuera de la ciudad. Dado que la construcción de carreteras está correlacionada con el crecimiento poblacional de las áreas metropolitanas, el autor utiliza el número de vías existentes en 1947 (vías exógenas) para instrumentar las vías construidas entre 1950 y 1990 (vías endógenas). Las estimaciones indicaron que el paso de una nueva autopista por una ciudad central reduce su población en 18 %. Además, de no haberse construido el sistema de autopistas interestatales, la población de estas ciudades habría crecido alrededor del 8 %.

Lacono & Levinson (2009) estudiaron el impacto de las mejoras en las redes de transporte sobre el mercado inmobiliario en tres condados de EE. UU. (Hennepin, Jackson y Olmsted). Optan por un modelo de regresión hedónica, el cual estima el precio de la vivienda descomponiéndola en el conjunto de servicios que proporciona y estimando valores implícitos que los consumidores le atribuyen a cada servicio. Los resultados de los proyectos de carreteras varían de acuerdo con el condado. En los condados de Hennepin y Jackson no se encontraron efectos que puedan ser atribuidos únicamente a la mejora de la autopista. Por el contrario, en Olmsted encontraron que los precios de las viviendas situadas a menos de

1,6 km del segmento mejorado de la autopista fueron alrededor de 0,5 % y 2 % más altos tras la intervención. Además, dedujeron que el acceso a las autopistas en general era muy valorado: los precios de los inmuebles comerciales e industriales cercanos a la autopista sufrieron de una menor devaluación en comparación con aquellas propiedades más alejadas. En particular, los precios caían, en promedio, en 9 % por cada cuarto de milla adicional de distancia. Para las propiedades cercanas al segmento de autopista mejorado, la devaluación de los precios fue del 0,3 al 0,6 % menor por cada cuarto de milla. Una limitante de esta investigación fue la calidad de los datos, ya que la información para los dos primeros condados fue muy restringida, lo cual dificultó la exploración de los efectos.

En Países Bajos, Lekovich (2017) evaluó el impacto de las autopistas en el mercado inmobiliario y la redistribución de la población. En primer lugar, aplicó diferencias en diferencias para investigar la dinámica de los precios de las viviendas tras el desarrollo de dos autopistas (tratamiento) al este del país. Las estimaciones DID (*difference-in-differences* – diferencias en diferencias) para ambas autopistas mostraron que estas aumentaron el valor de las casas en las áreas residenciales tratadas en aproximadamente el 2,5 % y el 4,3 %. Los coeficientes estimados para el periodo de anticipación resultaron mayores que los del periodo del tratamiento, lo cual sugiere que el mercado inmobiliario del área tratada anticipó el cambio en los precios y comenzó a ajustarlos antes de que las carreteras terminaran de construirse. También puede deberse a que antes de la finalización de las carreteras, el público esperaba que los efectos sean mayormente positivos (debido al incremento de la accesibilidad); sin embargo, luego aparecieron los efectos negativos como el aumento del tráfico y la contaminación. En segundo lugar, explora el impacto de la ampliación a gran escala de la red de carreteras en 1960 en el crecimiento poblacional municipal durante la década siguiente a través de una metodología de variables instrumentales. Utilizó la red de carreteras de 1821 para instrumentar tanto la densidad de las carreteras como el número de vías. Como resultado obtuvo que las autopistas contribuyeron al crecimiento de la población en los municipios periféricos, pero no en los suburbios ni en las ciudades centrales. Además, se observa que este efecto es temporal.

Duranton *et al.* (2014) utilizan datos de los flujos comerciales, la red de autopistas interestatales, el empleo por sectores y otras características de las ciudades para estimar el efecto de las autopistas interestatales sobre el comercio de las ciudades estadounidenses. Ya que es muy probable que la construcción de autopistas esté correlacionada con el nivel de comercio de una ciudad (pues se construyen para apoyar o fomentar el comercio de la zona), explotan la variación exógena de (1) la construcción de km de red ferroviaria en 1898, (2) las millas de carreteras planificadas en 1947, y (3) la distancia entre la red ferroviaria de 1898 y las autopistas planificadas en 1947 como instrumentos para la longitud de las autopistas. Las estimaciones por mínimos cuadrados en dos etapas mostraron que un aumento del 10 % en el número de autopistas dentro de una ciudad provoca un incremento del 5 % en el peso de sus exportaciones. Por otro lado, incrementar autopistas interestatales provoca grandes variaciones en el peso y valor del comercio, ya que reducen las distancias de viaje entre ciudades.

De la misma forma, Michaels (2008) empleó IV (*instrumental variables* – variables instrumentales) para identificar el efecto de las autopistas interestatales sobre el mercado de trabajo en los condados estadounidenses. Como instrumentos, usa 1) el plan de autopistas de 1944, y 2) la variación geográfica en la asignación de autopistas a los condados. El estudio mostró que los condados rurales por los cuales cruza la autopista experimentaron un aumento de las actividades relacionadas con el comercio: las ventas minoristas per cápita aumentaron entre 8 a 10 pp. Además, en promedio, las autopistas no tuvieron efecto sobre la demanda de trabajadores altamente cualificados en el sector manufacturero; sin embargo,

sí incrementaron el salario relativo de los trabajadores poco cualificados en los condados con mano de obra muy cualificada y lo redujeron donde la cualificación era escasa.

Herrera *et al.* (2021) estudiaron el impacto social y económico del programa de carreteras rural Pradhan Mantri Gram Sadak Yojana – PMGSY en la India. El PMGSY se creó bajo el objetivo de conectar el sector agrícola con los mercados, proporcionando acceso a carreteras. Para estimar el efecto causal, optaron por un enfoque de diferencias en diferencias, donde el tratamiento consistía en la construcción de una carretera para todo tipo de clima y las unidades tratadas eran las viviendas conectadas a la carretera entre 2009 y 2017. Entre sus efectos, el programa redujo el tiempo de viaje de la población del hogar al trabajo; esta reducción fue mayor en las áreas montañosas. Por otro lado, no se encontró efectos sobre los costos de transporte de los hogares. En cuanto al empleo, el PMGSY impulsó el acceso a trabajos no relacionados al sector agrícola; en particular, la tasa de empleo primario en el sector no agrícola aumentó en 12 puntos porcentuales (pp). En el sector agrícola, el PMGSY aumentó en 8 pp la proporción de cultivos transportados a los mercados para su venta, triplicando los niveles observados antes del programa. Además, los agricultores empezaron a vender en zonas más lejanas. Por último, el programa también tuvo un impacto positivo en la formación de capital humano en las zonas rurales de la India: los niños que estaban en escuela media o secundaria en el momento que su hogar se conectó a la carretera, tuvieron 0,7 años más de escolarización.

En Marruecos, la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (2019) condujo un estudio para evaluar el impacto del Proyecto de Mejora de Caminos Rurales. Bajo tal objetivo, seleccionan 17 carreteras rehabilitadas por el programa y 18 carreteras no rehabilitadas, pero con características comparables. Utilizaron datos de panel sobre los hogares a lo largo de las carreteras para antes y después del proyecto. Para analizar el efecto causal de la rehabilitación de las carreteras emplearon un enfoque de diferencias en diferencias. Los resultados corroboraron que la mejora de carreteras tiene efectos positivos y estadísticamente significativos en el uso del transporte público, el acceso a los mercados y la matrícula escolar. Asimismo, se observó una tendencia general negativa en cuanto al empleo y los ingresos del sector agrícola, sin embargo, esta reducción es menor para el grupo de hogares tratados. Del mismo modo, el consumo per cápita de los hogares no varió en comparación con la reducción que mostraron los hogares no tratados. Por ende, los investigadores concluyen que el programa ayudó a mitigar el impacto de la sequía ocurrida entre los años 2016-2017. Por otra parte, no se observaron efectos sobre la salud, el uso de servicios sanitarios y la producción agrícola.

En Haití, Mitnik *et al.* (2018) cuantificaron el impacto de las inversiones en infraestructuras de transporte sobre la actividad económica utilizando datos de luminosidad nocturna por satélite como medida aproximada del PBI. Como estrategia de identificación utilizan un modelo de efectos fijo de panel de diferencias en diferencias donde las unidades tratadas son los segmentos de carretera que pertenecen a la red nacional de carreteras. Los resultados obtenidos indicaron consistentemente que ejecutar un proyecto de rehabilitación de carreteras conduce a un aumento de los valores de luminosidad de entre el 6 % y el 26 % a nivel comunal. Considerando la elasticidad luminosidad–PBI a nivel nacional, la intervención se traduce en incrementos de entre el 0,5 % y el 2,1 % del PBI, para las secciones comunales beneficiadas por el proyecto de infraestructura. Cabe mencionar que los mayores impactos aparecen una vez finalizados los proyectos y se concentran a un radio de 2 km alrededor de las carreteras intervenidas.

Cuadro 2:
Resumen de estudios de infraestructura de transporte nacional

Autor	Objetivo	Contexto	Método	Variables		Datos		Impacto
				Independiente	Dependiente	Frecuencia	Periodo	
Aguirre <i>et al.</i> (2018)	Impacto de la infraestructura vial sobre el sector agricultura.	Perú	IV	Densidad vial (distancia ortogonal entre el centro de los distritos y las potenciales rutas).	Tiempo de viaje Uso de la tierra (proporción de producción destinada a 1) venta, 2) autoconsumo, y 3) insumo). Diversificación.	Anual	2012	Positivo
Bonifaz y Fasanando (2022)	Impacto de las concesiones de carreteras en accidentes y sobrecostos.	Perú	PSM	Tráfico en hora valle, tráfico en hora punta, longitud de tramos, centros de salud y centros educativos por cada 10 000 habitantes, % de hogares con electricidad; ingreso promedio mensual por hogar, N.º de habitantes, tramo concesionado (<i>dummy</i> =1).	Número de choques, de heridos y de fallecidos.	Anual	2011-2019	Negativo (es decir, reducen accidentes y sobrecostos).
Vásquez y Bendeuzú (2008)	Rol de la infraestructura vial sobre el crecimiento económico regional.	Perú	GMM	Densidad vial	PBI regional	Quinquenio	1970-2000	Positivo
Webb (2013)	Rol de la conexión de zonas rurales a mercados y servicios sobre el desarrollo.	Perú	MCO y regresión por cuantiles	Aglomeración espacial y dispersión geográfica.	Productividad	Anual	2008	Positivo para aglomeración, negativo para dispersión.
Yu <i>et al.</i> (2023)	Efecto de la mejora de las autopistas sobre la calidad de la vivienda.	Lima, Perú	MCO	Distancia euclidiana más corta entre el hogar y la autopista intervenida.	Número de personas viviendo en propiedades de alta calidad.	Anual	2007, 2017	Positivo

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3:
Resumen de estudios de infraestructura de transporte internacional

Autor	Objetivo	Contexto	Método	Variables		Datos		Impacto
				Independiente	Dependiente	Frecuencia	Periodo	
Adugbila (2019)	Impacto de la expansión de carreteras sobre el desarrollo residencial.	Kasoa, Accra, Ghana	Cualitativa (encuestas) y cuantitativa (métodos espaciales).	Expansión de la carretera.	Condiciones de vida. Integración social.	Mensual (cualitativo). Anual (cuantitativo).	Octubre 2018 2008, 2010, 2018	Negativo
Baum-Snow (2007)	Relación entre la construcción de carreteras y la suburbanización.	EE. UU.	IV	Vías construidas durante 1950-1990 (vías existentes 1947).	Población en las ciudades centrales.	Anual	1947, 1950, 1990	Positivo
Duranton <i>et al.</i> (2014)	Efecto de autopistas interestatales sobre el comercio.	EE. UU.	TSLs	Longitud de autopista (km de vía férrea en 1898 y millas de autopistas planificadas en 1947).	Peso de las exportaciones. Valor de las exportaciones.	Anual	1956, 1970-1, 1977-8, 1987, 1996-8 y 2006-7	Positivo
Herrera <i>et al.</i> (2021)	Impacto social y económico de un programa de construcción de carreteras rural.	India	DID	Interacción entre <i>dummies</i> de acceso a carretera PMGSY y de año de implementación.	Tiempo de viaje hogar-trabajo. Costo de viaje. Granos de comida transportados. Empleo (agrícola y no agrícola). Años de escolaridad.	Anual	2009-2011	Positivo
Japan International Cooperation Agency (2019)	Evaluación de impacto del Programa de Mejoramiento de Carreteras Rurales.	Marruecos	DID	<i>Dummy</i> que indica que un hogar reside a lo largo de las carreteras tratadas.	Empleo por sector. Horas trabajadas por sector. Ganancias por sector. Porcentaje de alumnos con educación completa. Consumo Hogares que experimentaron enfermedades.	Anual	2011-2017	Positivo
Lacono & Levinson (2009)	Efecto de las mejoras en las carreteras sobre el mercado inmobiliario.	EE. UU.	Regresión hedónica	<i>Dummy</i> que indica si una casa está dentro de una distancia determinada de un	Precio de las casas.	Anual	2000-2007	Positivo

Autor	Objetivo	Contexto	Método	Variables		Datos		Impacto
				Independiente	Dependiente	Frecuencia	Periodo	
				segmento de carretera mejorado.				
Lekovich (2017)	Impacto de las autopistas en los precios de las viviendas.	Países Bajos	DID	<i>Dummy</i> que indica si una vivienda se encuentra dentro de un área tratada.	Precio de las viviendas.	Anual	1995-2011	Positivo
	Impacto de las autopistas en la redistribución de la población.	Países Bajos	IV	Densidad de carreteras y número de vías (red de carreteras de 1821).	Crecimiento de la población.	Anual	1970-1980	Positivo para algunos municipios.
Michaels (2008)	Impacto de las autopistas interestatales sobre el mercado de trabajo.	EE. UU.	IV	Extensión de la autopista (plan de autopistas de 1944 y variación geográfica en la asignación de autopistas).	Ventas minoristas per cápita. Ingresos por industria. Proporción de personas que se desplazan fuera del condado de residencia para trabajar. Salario y empleo relativo según productividad del trabajador.	Anual	1954-1997	Ningún efecto sobre la demanda.
Mitnik <i>et al.</i> (2018)	Impacto económico de la inversión en infraestructura de transporte.	Haití	DID	<i>Dummy</i> que indica si la carretera de una comuna es intervenida.	Nivel de luminosidad de la sección comunal.	Anual	1992-2013	Positivo
Won <i>et al.</i> (2015)	Impacto de la nueva infraestructura de transporte sobre el desarrollo urbano.	Vietnam	Encuestas pre- y posintervención (análisis cualitativo).	Apertura de la carretera Nguyen Tat Thanh.	Características de las construcciones (tipo de edificio, uso del edificio). Ingreso (personal y del hogar).	Anual	2003, 2014	Positivo

Fuente: Elaboración propia

Dado lo anterior, a modo de conclusión, se puede decir que a nivel nacional, los estudios revisados se han centrado mayormente en las variables de productividad (Aguirre *et al.*, 2018; Vásquez y Bendejú, 2008; Webb, 2013), dejando un amplio margen para estudiar los impactos de la infraestructura vial en la calidad de vida para el caso peruano. A nivel internacional, por el contrario, se identifican numerosos estudios que evalúan el impacto de la infraestructura vial en la calidad de vida (Adugbila, 2019; Herrera *et al.* 2021; Japan International Cooperation Agency, 2019), así como otros indicadores de desarrollo (Duranton *et al.*, 2014; Michaels, 2008; Won *et al.*, 2015). Por su parte, con respecto a los enfoques econométricos utilizados, destacan las metodologías de variables instrumentales (IV) y de diferencias en diferencias (DID), y en menor grado la de emparejamiento (PSM). Este trabajo contribuye a la literatura nacional al aproximar los impactos de concesiones viales en algunos indicadores proxy de calidad de vida, además de la siniestralidad variable de resultado presente en escasos trabajos previos, a excepción de Bonifaz y Fasanando 2021 para Perú, y recurre a metodologías cuasiexperimentales tales como IV y PSM.

4. Análisis de evaluación de impacto

4.1 Impacto de la concesión del Proyecto Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque en calidad de vivienda, tenencia de activos, educación y empleo

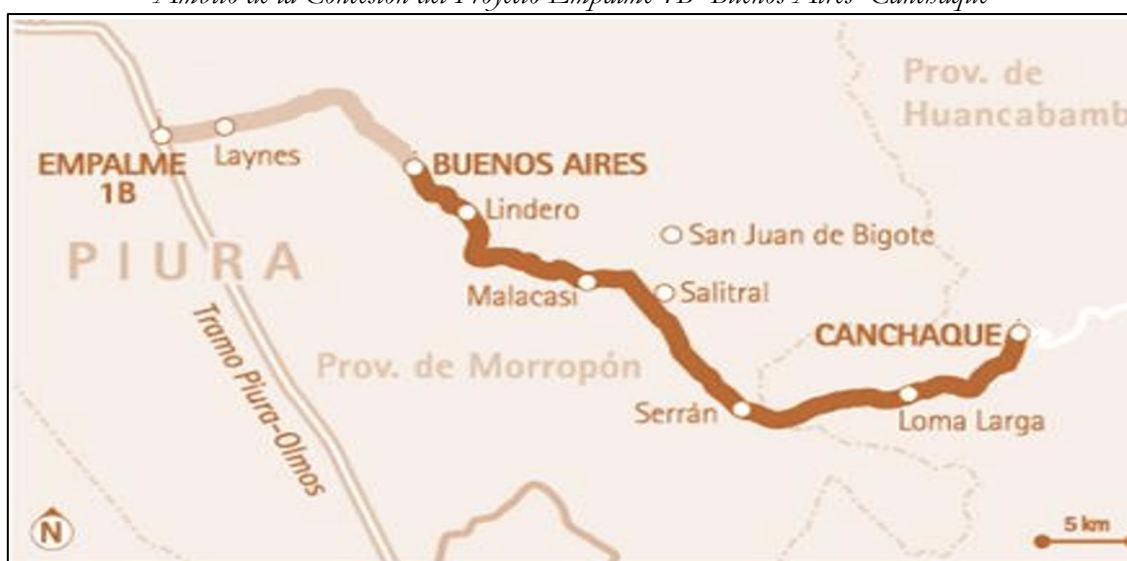
4.1.1 Características de la concesión

El contrato de esta concesión fue suscrito el 9 de febrero del 2007 con una duración inicial de 15 años entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones–MTC y la empresa concesionaria, Concesión Canchaque⁵, para la construcción y operación de los tramos viales Empalme 1B–Buenos Aires–Canchaque, por un plazo de 15 años. Básicamente, la actividad económica de la concesionaria es la explotación de 78,3 km de carretera, la cual se compone de 3 subtramos: (1.º) Empalme 1B (Panamericana norte antigua–distrito de Buenos Aires, provincia Morropón), con una extensión de 22,06 km, (2.º) distritos Buenos Aires–Piedra Azul (provincia de Huancabamba) que tiene una extensión de 42 km, y (3.º) distritos Piedra Azul–Canchaque (provincia de Huancabamba) con una extensión de 14,07 km. Este contrato de concesión se rige por el mecanismo de asociación público-privada, bajo la modalidad de concesión cofinanciada y un esquema BOT (*build, operate and transfer*). Asimismo, tiene una inversión comprometida de USD 39,19 millones (inc. IGV), con 95,8 % de inversión acumulada al 2022.

Tal como se muestra en el mapa 1, la concesión comprende carreteras de penetración que conectan las provincias de Morropón y Huancabamba en la región Piura, buscándose con ello conectar los centros de producción de la sierra con los centros de comercialización de la costa. Esta concesión inició su explotación el 1 de marzo del 2010 y cruza 30 centros poblados (Canchaque, 2014)⁶.

⁵ No obstante, en noviembre del 2021, dicha empresa pasó a denominarse carretera Sierra Piura, cuya composición societaria comprende a las empresas Aenza S. A. A. y UUNA Transporte, con 99,06 % y 0,04 % de participación accionaria, respectivamente.

⁶ Canchaque (2014). Plan de Negocios 2014. Disponible en: <https://www.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2017/12/Plan20de20Negocios202014-Canchaque1.pdf>.

Mapa 1:*Ámbito de la Concesión del Proyecto Empalme 1B–Buenos Aires–Canchaque*Fuente: Ositrán (2015)⁷, Plan de Negocios año 2013 de Canchaque

4.1.2 Metodología de estimación

Estrategia empírica

Como ya se ha referido, el principal mecanismo a través del cual la inversión en infraestructura vial impacta en la economía es el de la conectividad física. La construcción de la carretera conduce a reducciones de distancia a un lugar determinado, los tiempos de viaje y los costos de transporte (Andrés *et al.*, 2013). Es de esperarse que dichas reducciones de distancia y tiempo/costo de viaje se traduzcan en un aumento de la conectividad física, el acceso a la educación y salud, el acceso a mercados de insumos y productos, el desarrollo del mercado local, los ingresos y el bienestar.

Para estimar el efecto de la concesión del Proyecto Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque sobre los indicadores de desarrollo, se ha optado por construir un modelo econométrico que considere en sus variables la distancia entre los hogares y la carretera concesionada, similar al utilizado por Yu *et al.* (2023). Así, se propone la siguiente especificación:

$$y_{ij} = \alpha + \beta_1 \ln(\text{Distancia a carretera}_{ij}) + \beta_2 \ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})^2 + X'_{ij}\gamma + \tau_j + \phi_p + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde y_{ij} es la variable dependiente que representa los distintos indicadores de desarrollo para la manzana i en el distrito j , $\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})$ es el logaritmo natural de la distancia euclidiana entre el centroide de la manzana i del distrito j y la carretera concesionada. Además, se incluye el cuadrado de $\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})$ para capturar potenciales efectos no lineales de la distancia a la carretera. Se anticipa una relación cóncava conforme el efecto de la proximidad a la vía sea nulo o incluso negativo debido a las externalidades si la vivienda está localizada muy cerca de la carretera. Sin embargo, los efectos

⁷ Ositrán (2015). Informe de Desempeño 2015. Concesión Empalme 1B–Buenos Aires–Canchaque. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos. Lima – Perú.

podrían volverse positivos cuando aumenta gradualmente la distancia a la vía dada la reducción de externalidades negativas y una accesibilidad razonable. El efecto positivo es probable que decaiga y eventualmente desaparezca junto con la mayor proximidad desde la ubicación del hogar a la vía. X_{ij} es una matriz que contiene otras variables incluyendo el número de viviendas en la manzana, la cantidad de personas en la manzana, el porcentaje de hogares cuyo idioma nativo es el español, así como la proximidad del centroide de la manzana a la Red Vial Nacional (distancia euclidiana). τ_j y ϕ_p representan efectos fijos por distrito y provincia, respectivamente. Se espera que incluir los efectos fijos en la estimación controle la influencia de distintos fenómenos climáticos⁸, entre otros factores heterogéneos no observables, pero invariantes en el tiempo.

La hipótesis es que la concesión de la carretera Buenos Aires–Canchaque afecta a las variables dependientes de interés; es decir, para el año 2007 (antes de la concesión), los parámetros β_1 y β_2 serían estadísticamente nulos, pero diferentes de cero en el año 2017. Complementariamente, en caso los parámetros coeficientes β_1 y β_2 fueran estadísticamente diferentes de cero para el año 2007, se espera que para el año 2017, los mismos presenten una mayor magnitud (en valor absoluto). Como fue mencionado, la endogeneidad suele ser un obstáculo en este tipo de evaluaciones. Ciertamente, cualquier esfuerzo de evaluación de impacto debe abordar dicho problema que surge de la elección selectiva del trazo de las vías (Aguirre *et al.*, 2018): si la asignación de los caminos en un espacio geográfico fuese aleatoria, comparar las variables de interés de ciertas unidades de observación (hogares, manzanas de hogares, distritos, regiones, etc.) con acceso a caminos, con aquellas que carecen de este acceso sería suficiente para detectar los impactos. Esto no es posible debido a que el trazo de las vías obedece a restricciones observables –como las características físicas de la superficie de las áreas que se intenta conectar– y a características no observables –como las decisiones estratégicas que las autoridades o gobernantes adoptan para, por ejemplo, vincular espacios cuyo desarrollo esperan impulsar prioritariamente. Ambos elementos, en particular el segundo, configuran la naturaleza endógena de las vías y, para poder conseguir parámetros consistentes, se requiere la adopción de estrategias econométricas que lidien con este problema.

Para fines de este estudio, se recurrió al método de variables instrumentales, que explota como fuentes de exogeneidad los trazos potenciales de las distancias entre dos puntos. Faber (2013), Banerjee *et al.* (2012) y Martincus *et al.* (2013) proveen el marco referencial que se sigue en este trabajo. Toda vez que en la ecuación previa la variable endógena es la distancia euclidiana desde el centroide de una manzana a la carretera bajo análisis, es decir $\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})$, una primera alternativa de instrumento es utilizar la red de los Caminos del Inca o Qhapac Ñan, es decir, utilizando el *software* ArcGIS se generan distancias euclidianas desde el centroide de las manzanas hacia el tramo más cercano de dicha red como una fuente exógena de variabilidad. En este caso, el sustento para emplear dicho instrumento radica en que el Qhapac Ñan fue construido por razones enteramente distintas al interés actual del estudio, pero se constituye en un buen predictor de la actual infraestructura vial. Así, incluyendo un conjunto de variables de control, se puede considerar con seguridad que el Qhapac Ñan, el instrumento, afecta las variables de resultado actuales solo a través de su correlación con la asignación espacial de nuevas carreteras.

Visualmente, el mapa 2 muestra el trazo del Qhapac Ñan que coincide, prácticamente, con la carretera concesionada Buenos Aires–Canchaque. Esto puede constituirse en la oportunidad de un experimento natural, en el que la carretera Buenos Aires–Canchaque ya

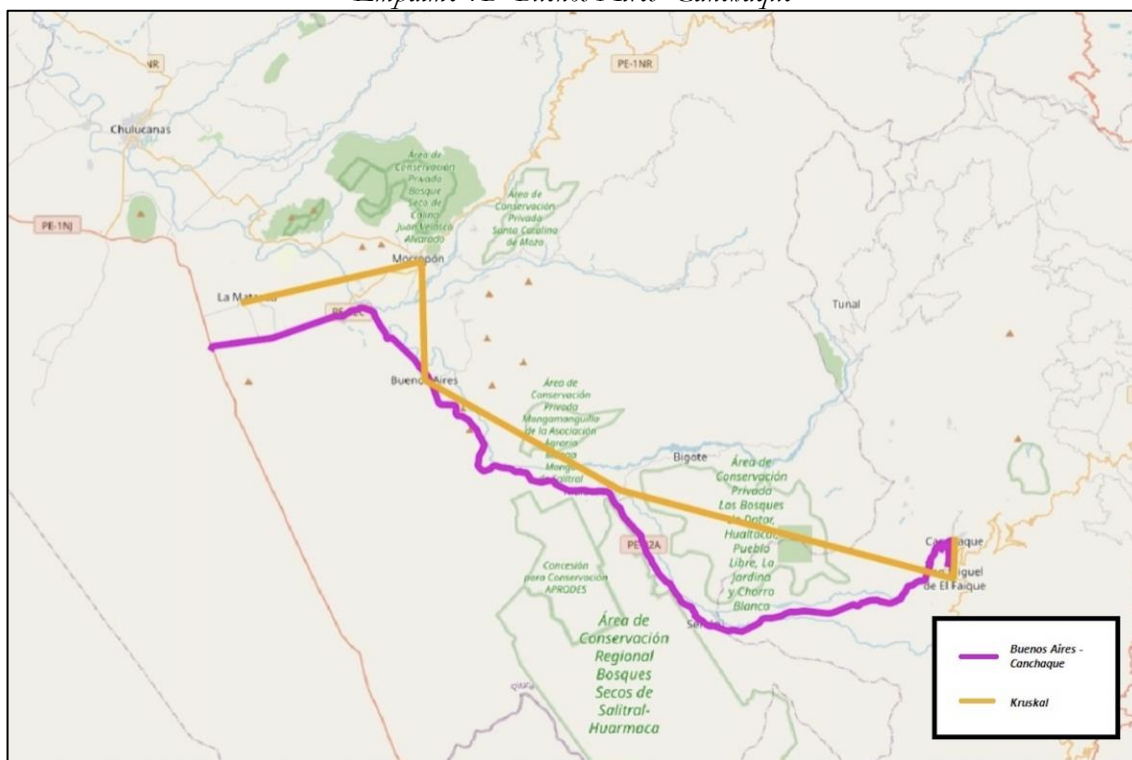
⁸ Dado que la especificación econométrica utilizada solo considera dos momentos en el tiempo, la información climatológica disponible a nivel departamental (por ejemplo, precipitaciones y temperaturas máxima, mínima y promedio) no aportaría la suficiente variabilidad al modelo.

Mapa 2:

Una segunda alternativa de instrumento es emplear la distancia euclidiana desde el centroide de una manzana hasta el trazo más cercano de una hipotética carretera que parte de la generación de una red hipotética de caminos entre los distintos distritos que puedan conectarse mientras se minimice la distancia por recorrer para viajar entre ellos (esta alternativa es similar a la utilizada en Aguirre *et al.*, 2018). Para ello, se emplea el algoritmo de Kruskal (Payarti, 2021), generando rectas euclidianas que conectarían espacios si el relieve terrestre fuera completamente plano (Aguirre *et al.*, 2018). El resultado se muestra en el mapa 3. En particular, la estrategia pasa por observar si el objetivo de la dotación de infraestructura vial conecta ciudades principales (con alta densidad poblacional u otro atributo que las resalte en relación a otras localidades). Entonces, en el hipotético caso de una topografía plana, una recta euclidiana que conecte dichas ciudades sería el trayecto más corto (mínimo recorrido) y a la vez eficiente (un número limitado de vías a construir); sin embargo, lo real es que la conexión de las ciudades está condicionada por características del relieve, condiciones de los suelos y otros factores que influyen en la viabilidad de la construcción de la infraestructura (Aguirre *et al.*, 2018). Empero, en definitiva, una recta euclidiana debe ser un trazo referencial en torno al cual tiene que realizarse el trazo efectivo. En consecuencia, este trazo referencial puede ser utilizado como instrumento para modelar el trazo efectivo.

Mapa 3:

*Representación de la aplicación del algoritmo de Kruskal en el ámbito de la concesión del Proyecto
Empalme 1B–Buenos Aires–Canchaque*



Elaboración propia

Dado que las variables $\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})$ e $\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})^2$ son endógenas, se tendría como primeras etapas de los estimadores de variables instrumentales las siguientes dos ecuaciones:

$$\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij}) = \varphi + \zeta \ln(\text{Distancia a Kruskal}_{ij}) + X'_{ij}\vartheta + \tau_j + \phi_p + \mu_{ij} \quad (2)$$

$$\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})^2 = \varsigma + \kappa \ln(\text{Distancia a Kruskal}_{ij})^2 + X'_{ij}\varrho + \tau_j + \phi_p + e_{ij} \quad (3)$$

Posteriormente, a partir de las ecuaciones (2) y (3), se ajustan los valores de $\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})$ e $\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})^2$ para introducirlos en la segunda etapa del estimador, dada por la siguiente regresión:

$$y_{ij} = \xi + \theta \widehat{\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})} + \nu \widehat{\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})^2} + X'_{ij}\pi + \tau_j + \phi_p + \epsilon_{ij} \quad (4)$$

Donde y_{ij} es la variable de resultado de interés y ξ , θ y ν son parámetros por estimar.

De todos estos, θ es el parámetro más importante porque recoge el efecto causal de la conectividad vial sobre las variables de interés. Para que en la ecuación (4) el parámetro θ sea consistente, es necesario que se sostengan dos supuestos (Wooldridge, 2010). El primero

es el supuesto de relevancia, que exige que $\ln(\text{Distancia a Kruskal}_{ij})$ esté correlacionado fuertemente con $\ln(\text{Distancia a carretera}_{ij})$. Es decir, como se puede apreciar en el mapa 3, resalta predominantemente que, mientras mayor la distancia desde una manzana al tramo más cercano de la carretera Buenos Aires–Canchaque, menor la distancia desde una manzana al tramo más cercano de la red de Kruskal. Este supuesto puede ser testeado empíricamente mediante la ecuación (2). El segundo supuesto, llamado de exclusión, exige que la red de Kruskal no esté correlacionada directamente con el residuo de la ecuación (4). Es decir, el único canal por el cual este instrumento debería afectar a las variables de resultado es mediante la dotación de infraestructura vial. Este segundo supuesto es de identificación, por lo cual no puede ser testeado directamente. Sin embargo, podría no cumplirse en las manzanas ubicadas a lo largo de la red de Kruskal si presentara, sistemáticamente, características más favorables para las variables dependientes de interés (es decir, de cierto modo, para el desarrollo económico o bienestar). Por ello, para controlar esta posibilidad, en el set de regresores X_{id} se introducirán algunos controles relevantes.

4.1.3 Data y variables

Las variables de desarrollo consideradas son el porcentaje de viviendas de buena calidad (es decir, cuyos pisos y paredes sean de cemento), la tenencia de activos (para esta variable, se construyó un índice en función de los distintos activos que podrían tener los hogares)⁹, el porcentaje de la población que ha completado ciertos grados educativos (secundaria, superior incompleta y superior completa) y el porcentaje de la población que ha realizado trabajo remunerado en la última semana, variables que se extrajeron de los censos nacionales del 2007 y 2017. Entre las variables explicativas se consideran la distancia a la carretera Buenos Aires–Canchaque, la distancia a la Red Vial Nacional y la distancia a la red generada por el algoritmo de Kruskal, las cuales se construyeron mediante el uso de la plataforma ArcGIS y utilizando datos georreferenciados obtenidos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Finalmente, se incluyeron las variables del número de personas y hogares que contiene cada manzana, así como el porcentaje de población que tiene como idioma nativo el español.

Los datos utilizados comprenden las manzanas censadas en los censos nacionales del 2007 y 2017 de todos los distritos de las provincias de Huancabamba y Morropón. El cuadro 4 presenta la estadística descriptiva de las variables consideradas para la estimación por MCO inicial y la estimación por IV subsiguiente. Se puede observar que, en el 2007, alrededor del 13 % de hogares de la muestra son considerados de buena calidad; el 7,7 %, 17,3 % y 44,6 % de la población ha alcanzado los niveles de educación superior completa, educación superior incompleta, y educación secundaria respectivamente; y el 28 % de la población ha realizado trabajo remunerado en la última semana. En el 2017, alrededor del 23 % de hogares de la muestra son considerados de buena calidad; el 9,6 %, 15,3 % y 49,4 % de la población ha alcanzado los niveles de educación superior completa, educación superior incompleta, y educación secundaria respectivamente; y el 33,2 % de la población ha realizado trabajo remunerado en la última semana. Respecto a estos datos, se puede observar que en el periodo 2007-2017 se han dado mejoras en la calidad de vivienda (aumentó de 13 a 23 %), el nivel educativo (aumentó el porcentaje de población con educación superior y secundaria completa, mientras que la reducción del porcentaje de población con educación superior incompleta puede atribuirse a una menor tasa de deserción), y el empleo (aumentó de 28 a

⁹ Para la variable de tenencia de activos se construyó un índice en función de los distintos activos que podrían tener los hogares: se identificaron distintas variables dicotómicas de tenencia de activos (equipo de sonido, televisor a color, refrigeradora, lavadora y computadora o *laptop*), se calculó el promedio de dichas variables para cada manzana y luego se calculó el promedio entre todas las variables.

33,2 %). Respecto a las condiciones de vida de la población de Huancabamba y Morropón, se ha identificado un nivel de ruralidad de 53,53 %, donde los distritos con menor nivel de ruralidad pertenecen a la provincia de Morropón. Asimismo, se ha identificado el turismo, la agricultura y las artesanías como las principales actividades económicas.

Cuadro 4:

Estadística descriptiva (años 2007 y 2017)

Año	Variable	Promedio	Desv. Est.	Min.	Máx.	N
2007	% de hogares de buena calidad.	0,13	0,214	0	1	2583
	Índice de tenencia de activos.	0,168	0,117	0	1	2630
	% de población con, por lo menos, educación superior completa.	0,077	0,122	0	1	2598
	% de población con, por lo menos, educación superior incompleta.	0,173	0,164	0	1	2598
	% de población con, por lo menos, educación secundaria.	0,446	0,208	0	1	2598
	% de población que ha realizado trabajo remunerado en la última semana.	0,28	0,171	0	1	2598
	Distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque (metros).	12 348,275	9179,685	7,648	32 185,27	2125
	Distancia a Red Vial Nacional (metros).	1790,77	3508,572	5,595	19 537,301	2125
	Distancia a Kruskal (metros).	10 670,904	8744,726	1,36	32 142,594	2125
	Número de hogares.	11,201	11,075	1	113	2630
2017	Número de personas.	41,246	43,723	1	404	2598
	% de población cuyo idioma nativo es español.	0,995	0,04	0	1	2598
	% de hogares de buena calidad.	0,23	0,21	0	1	1475
	Índice de tenencia de activos.	0,309	0,121	0	0,707	1475
	% de población con, por lo menos, educación superior completa.	0,096	0,1	0	0,606	1475
	% de población con, por lo menos, educación superior incompleta.	0,153	0,133	0	0,644	1475
	% de población con, por lo menos, educación secundaria.	0,494	0,145	0,065	0,872	1475

Año	Variable	Promedio	Desv. Est.	Min.	Máx.	N
	% de población que ha realizado trabajo remunerado en la última semana.	0,332	0,118	0	0,71	1475
	Distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque (metros).	13 382,271	8821,151	11,294	32 188,043	1389
	Distancia a Red Vial Nacional (metros).	1375,058	3106,465	10201,	19 624,764	1389
	Distancia a Kruskal (metros).	11 804,824	8634,3	6.327	32 144,94	1389
	Número de hogares.	25,452	28,58	5	277	1475
	Número de personas	88,006	95,099	30	963	1475
	% de población cuyo idioma nativo es español.	0,991	0,046	0	1	1475

Fuente: Censos Nacionales de Personas y Hogares del 2007 y 2017, INEI; Datos Espaciales de Red Vial Nacional, Ministerio de Transportes y Comunicaciones

4.1.4 Resultados

Como se explicó anteriormente, se realizaron estimaciones mediante un modelo MCO para los años 2007 y 2017, asumiendo que la diferencia entre ambas estimaciones se debe atribuir a la implementación de la concesión del proyecto Empalme 1B–Buenos Aires–Canchaque. Los cuadros 5, 6, 7, 8, 9, y 10 representan los resultados de dichas estimaciones para las manzanas censadas en las provincias de Huancabamba y Morropón, en los que las variables de interés son la distancia lineal y cuadrática a la carretera Buenos Aires–Canchaque.

El cuadro 5 reporta las estimaciones para la variable de resultado “índice de tenencia de activos”. Al comparar las especificaciones (1) y (4), sin controles por efectos fijos de provincia y distrito, se observa que, en el 2007, ni la variable de distancia lineal ni distancia cuadrática a la carretera Buenos Aires–Canchaque son estadísticamente significativas, mientras que ambas variables se vuelven estadísticamente significativas después de la concesión en el 2017. Luego, cuando se tienen en cuenta los controles de efectos fijos por provincia, en las especificaciones (2) y (5) del mismo cuadro, se observa que las magnitudes de los coeficientes en el 2017 se mantienen estadísticamente significativos. Posteriormente, cuando se consideran los efectos fijos por provincia y distrito, a pesar de que en las especificaciones (3) y (6) los coeficientes son significativos, en el año 2017 el coeficiente es mayor (en valor absoluto) al hallado en el 2007. Esto confirma la hipótesis de que la concesión de la carretera Buenos Aires–Canchaque tendría un impacto sobre la riqueza de los hogares, al parecer por un mayor valor (absoluto) del índice de tenencia de activos. Asimismo, el signo positivo de su término lineal en logaritmos y el signo negativo de su término cuadrático en logaritmos indica una relación cóncava entre la proximidad a la concesión y el índice de riqueza de los hogares. Este resultado confirma la hipótesis de una relación no monotónica y sugiere que las personas acceden a más bienes o activos físicos cuando disponen de mejores oportunidades de conectividad de transporte a una distancia razonable de la vía, toda vez que, a partir de cierta distancia se impondría una afectación o externalidad negativa sobre su “*stock* de bienes” debido a la lejanía a la vía.

Cuadro 5:
Estimación MCO para índice de tenencia de activos

	2007			2017		
Explicativas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,003 (0,012)	0,001 (0,012)	-0,04** (0,016)	0,059*** (0,015)	0,045*** (0,014)	0,058*** (0,019)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	0 (0,001)	0 (0,001)	0,003*** (0,001)	-0,003*** (0,001)	-0,002** (0,001)	-0,005*** (0,001)
Ln(distancia a Red Vial Nacional).	- 0,012*** (0,002)	-0,013*** (0,002)	-0,012*** (0,002)	-0,019*** (0,002)	-0,021*** (0,002)	-0,011*** (0,003)
Número de hogares.	- 0,003*** (0,001)	-0,003*** (0,001)	-0,002** (0,001)	-0,005*** (0,001)	-0,004*** (0,001)	-0,004*** (0,001)
Número de personas.	0,001*** (0)	0,001*** (0)	0,001*** (0)	0,002*** (0)	0,001*** (0)	0,001*** (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,116 (0,08)	-0,12 (0,079)	-0,135* (0,08)	0,069 (0,056)	0,04 (0,057)	0,073 (0,053)
Constante	0,315*** (0,089)	0,319*** (0,088)	0,413*** (0,091)	0,075 (0,069)	0,093 (0,068)	0,2*** (0,077)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Observaciones	2101	2101	2101	1389	1389	1389
R ²	0,0995	0,100	0,133	0,137	0,174	0,243
AIC	-3225,65	-3225,320	-3270,444	-2103,925	-2164,063	-2253,094
BIC	-3186,1	-3180,119	-3134,840	-2067,271	-2122,172	-2127,422

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

El cuadro 6 presenta las estimaciones para la variable de resultado “porcentaje de hogares de buena calidad”. Al comparar las especificaciones (1) y (4), sin controles por efectos fijos de provincia y distrito, se observa que tanto en el 2007 como en el 2017, la variable de distancia lineal y distancia cuadrática a la carretera Buenos Aires–Canchaque son estadísticamente significativas, pero el coeficiente es mayor (en valor absoluto) para el año 2017. En este caso, se confirmaría la hipótesis de que la concesión de la carretera Buenos Aires–Canchaque tendría un impacto sobre la calidad de las viviendas. Asimismo, el signo negativo de su término lineal en logaritmos y el signo negativo de su término cuadrático en logaritmos indicaría una relación cóncava entre la proximidad a la concesión y el porcentaje de hogares de mejor calidad en las manzanas. Este resultado confirma la hipótesis de una relación no monótona y sugiere que hay mayores oportunidades de mejorar la calidad de vivienda con un razonable acceso a la carretera concesionada, pero no tan cerca de la vía para evitar externalidades negativas (Tillema *et al.*, 2012). Estos resultados se mantienen e incluso

aumentan las magnitudes de los coeficientes de interés, cuando se controla por efectos fijos de provincia, en las especificaciones (2) y (5). Sin embargo, cuando se controlan por efectos fijos tanto de provincia como de distrito, dichos coeficientes dejan de ser estadísticamente significativos, probablemente debido a variables no observadas a nivel de distrito capturadas por los efectos fijos.

Cuadro 6:
Estimación MCO para porcentaje de hogares de buena calidad

	2007			2017		
Explicativas	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,106*** (0,023)	0,077*** (0,024)	-0,005 (0,029)	0,136*** (0,029)	0,096*** (0,028)	0,021 (0,035)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	- 0,007*** (0,002)	- 0,005*** (0,002)	0,002 (0,002)	- 0,009*** (0,002)	- 0,006*** (0,002)	0 (0,003)
Ln(distancia a Red Vial Nacional).	- 0,022*** (0,002)	- 0,025*** (0,003)	- 0,027*** (0,004)	- 0,023*** (0,003)	-0,03*** (0,003)	-0,028*** (0,005)
Número de hogares.	-0,001 (0,001)	0,001 (0,001)	0,001 (0,001)	-0,005* (0,002)	-0,003 (0,002)	-0,002 (0,002)
Número de personas.	0,002*** (0)	0,001*** (0)	0,001** (0)	0,002*** (0,001)	0,002** (0,001)	0,001** (0,001)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,145 (0,274)	-0,189 (0,26)	-0,234 (0,245)	0,244** (0,103)	0,165** (0,077)	0,114 (0,078)
Constante	0,012 (0,281)	0,052 (0,267)	0,168 (0,251)	- 0,396*** (0,13)	- 0,343*** (0,109)	-0,215* (0,122)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Observaciones	2086	2086	2086	1389	1389	1389
R ²	0,125	0,152	0,193	0,091	0,192	0,246
AIC	-607,399	-670,085	-740,952	-495,849	-657,054	-721,942
BIC	-567,898	-624,941	-605,520	-459,195	-615,163	-596,270

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

El cuadro 7 presenta las estimaciones para la variable de resultado “porcentaje de población con, por lo menos, educación superior completa”. Al comparar las especificaciones (3) y (6), con controles por efectos fijos de provincia y distrito, se observa que solo en el 2017 las variables de distancia lineal y distancia cuadrática a la carretera Buenos Aires–Canchaque son estadísticamente significativas. Esto sugeriría que, condicionado a una serie de factores en las áreas de ámbito de la concesión, la carretera Buenos Aires–Canchaque habría tenido un efecto sobre la educación superior completa, sugiriendo que las personas

encuentran beneficiosa la accesibilidad para continuar, a través de estudios superiores, con el desarrollo de su capital humano. Ciertamente, en el año 2017, dicho efecto empezaría a decrecer a partir de cierta distancia de la vía, debido al signo negativo de su término cuadrático por las externalidades negativas que la mayor distancia o lejanía de oportunidades de conectividad les impone (tal y como se observa en las especificaciones (5) y (6)). Como se podrá apreciar en los cuadros 8 y 9, los resultados son similares para el caso de la educación superior incompleta y educación secundaria. Es decir, la concesión Buenos Aires–Canchaque ha tenido un efecto a favor en la educación de las personas en las áreas de ámbito de la vía.

Cuadro 7:

Estimación MCO para porcentaje de población con, por lo menos, educación superior completa

	2007			2017		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	-0,053*** (0,013)	-0,029** (0,013)	0,03** (0,014)	0,012 (0,013)	0,031** (0,013)	0,057*** (0,016)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	0,004*** (0,001)	0,002*** (0,001)	-0,001 (0,001)	0 (0,001)	-0,002* (0,001)	-0,004*** (0,001)
Ln(distancia a Red Vial Nacional).	-0,005*** (0,002)	-0,002 (0,002)	-0,011*** (0,002)	-0,017*** (0,002)	-0,013*** (0,002)	-0,012*** (0,002)
Número de hogares.	0,005*** (0,001)	0,004*** (0,001)	0,002** (0,001)	0,001 (0,001)	0 (0,001)	-0,001 (0,001)
Número de personas.	-0,001*** (0)	-0,001*** (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,473** (0,218)	-0,431* (0,232)	-0,438* (0,228)	-0,263* (0,135)	-0,225* (0,116)	-0,107 (0,074)
Constante	0,694*** (0,221)	0,655*** (0,234)	0,486** (0,228)	0,349** (0,139)	0,323*** (0,12)	0,186** (0,087)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Observaciones	2101	2101	2101	1389	1389	1389
R ²	0,0716	0,1299	0,2432	0,1184	0,2242	0,3085
AIC	-2823,75	-2958,05	-3219,22	-2590,68	-2766,21	-2893,98
BIC	-2784,2	-2912,85	-3083,62	-2554,03	-2724,32	-2768,31

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Cuadro 8:*Estimación MCO para porcentaje de población con, por lo menos, educación superior incompleta*

	2007			2017		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	-0,071*** (0,018)	-0,04** (0,016)	0,015 (0,019)	0,025 (0,017)	0,048*** (0,016)	0,085*** (0,021)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	0,006*** (0,001)	0,004*** (0,001)	0 (0,001)	-0,001 (0,001)	-0,003** (0,001)	-0,006*** (0,002)
Ln(distancia a Red Vial Nacional).	-0,008*** (0,002)	-0,004* (0,002)	-0,014*** (0,003)	-0,025*** (0,002)	-0,021*** (0,002)	-0,019*** (0,003)
Número de hogares.	0,005*** (0,001)	0,004*** (0,001)	0,001 (0,001)	0 (0,001)	-0,001 (0,001)	-0,001 (0,001)
Número de personas.	-0,001*** (0)	-0,001* (0)	0 (0)	0 (0)	0,001* (0)	0,001** (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,469** (0,194)	-0,414** (0,21)	-0,422** (0,208)	-0,259 (0,16)	-0,213 (0,136)	-0,068 (0,084)
Constante	0,824*** (0,201)	0,774*** (0,214)	0,625*** (0,211)	0,371** (0,163)	0,341** (0,141)	0,174* (0,101)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Observaciones	2101	2101	2101	1389	1389	1389
R ²	0,0811	0,1375	0,2418	0,1402	0,2228	0,299
AIC	-1693,32	-1824,24	-2063,13	-1842,14	-1980,43	-2091,8
BIC	-1653,77	-1779,04	-1927,53	-1805,49	1938,543	-1966,12

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Cuadro 9:
Estimación MCO para % de población con, por lo menos, educación secundaria

Explicativas	2007			2017		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	-0,06*** (0,022)	-0,034 (0,021)	0,001 (0,029)	0,054*** (0,019)	0,069*** (0,019)	0,118*** (0,025)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	0,005*** (0,001)	0,003** (0,001)	0,001 (0,002)	-0,003** (0,001)	-0,004*** (0,001)	-0,008*** (0,002)
Ln(distancia a Red Vial Nacional).	-0,014*** (0,003)	-0,011*** (0,003)	-0,016*** (0,004)	-0,028*** (0,002)	-0,026*** (0,002)	-0,024*** (0,003)
Número de hogares.	0,006*** (0,001)	0,005*** (0,001)	0,001 (0,001)	-0,001 (0,001)	-0,002* (0,001)	-0,002** (0,001)
Número de personas.	-0,001*** (0)	-0,001** (0)	0 (0)	0,001** (0)	0,001*** (0)	0,001*** (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,311** (0,156)	-0,266 (0,164)	-0,244 (0,162)	-0,178 (0,149)	-0,148 (0,136)	0,012 (0,097)
Constante	0,949*** (0,171)	0,909*** (0,177)	0,79*** (0,18)	0,566*** (0,155)	0,546*** (0,142)	0,33*** (0,116)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Observaciones	2101	2101	2101	1389	1389	1389
R ²	0,0576	0,0825	0,159	0,1328	0,1625	0,2672
AIC	-756,79	-810,995	-961,949	-1591,01	-1637,42	-1790,92
BIC	-717,239	-765,794	-826,345	-1554,36	-1595,53	-1665,25

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

El cuadro 10 reporta las estimaciones para la variable de resultado “porcentaje de población que ha realizado trabajo remunerado en la última semana”. Al comparar las especificaciones (1) y (4), sin controles por efectos fijos de provincia y distrito, se observa que, tanto en el 2007 como en el 2017, ni la variable de distancia lineal ni distancia cuadrática a la carretera Buenos Aires–Canchaque son estadísticamente significativas. Los resultados prácticamente se mantienen cuando se incorporan los controles de efectos fijos por provincia y distrito, en las especificaciones (2), (3), (5) y (6). En ese sentido, no es posible confirmar la hipótesis de que la concesión de la carretera Buenos Aires–Canchaque tenga algún impacto en el empleo. Esto podría deberse a que la pregunta utilizada para la creación de la variable dependiente no sea la más indicada, aunque es la única disponible en las preguntas del censo poblacional.

Cuadro 10:*Estimación MCO para porcentaje de población que ha realizado trabajo remunerado en la última semana*

Explicativas	2007			2017		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,02 (0,017)	0,034** (0,017)	0,019 (0,023)	-0,028 (0,018)	-0,021 (0,018)	0,006 (0,024)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,001 (0,001)	-0,002** (0,001)	0 (0,002)	0,003** (0,001)	0,002 (0,001)	0 (0,002)
Ln(distancia a Red Vial Nacional).	-0,013*** (0,002)	-0,011*** (0,002)	-0,013*** (0,003)	-0,014*** (0,002)	-0,013*** (0,002)	-0,014*** (0,003)
Número de hogares.	0,003*** (0,001)	0,002** (0,001)	0,002 (0,001)	0,001 (0,001)	0,001 (0,001)	0,001 (0,001)
Número de personas.	-0,001** (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,351** (0,168)	-0,327* (0,175)	-0,349** (0,172)	0,016 (0,103)	0,03 (0,1)	0,131 (0,092)
Constante	0,632*** (0,175)	0,61*** (0,181)	0,531*** (0,182)	0,422*** (0,113)	0,412*** (0,111)	0,271** (0,113)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Observaciones	2101	2101	2101	1389	1389	1389
R ²	0,0287	0,0398	0,08	0,078	0,0875	0,1651
AIC	-1609,59	-1631,86	-1689,77	-2068,66	-2081,02	-2172,44
BIC	-1570,04	-1586,66	-1554,17	-2032,01	-2039,13	-2046,77

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

En el anexo 1a¹⁰ se realizan pruebas de hipótesis que comparan si las estimaciones obtenidas mediante MCO para el 2017 son estadísticamente diferentes de los obtenidos en el 2007, tras lo cual se verifica estadísticamente que son diferentes hipótesis, donde se reporta el estadístico F de la prueba de hipótesis. Por lo general, se rechaza la hipótesis de que ambos coeficientes sean iguales para todas las variables salvo Porcentaje de hogares de buena calidad y, en la especificación con efectos fijos de provincia y distrito, para las variables Porcentaje de población con al menos educación superior completa y Porcentaje de población que ha realizado trabajo remunerado la última semana. Asimismo, en el anexo 1b, se realizan pruebas de hipótesis que comparan si los parámetros obtenidos mediante MCO para el 2017 son

¹⁰ A solicitud del *peer-reviewer* de este estudio.

estadísticamente mayores a los obtenidos en el 2007, para lo cual se realiza inicialmente un test de Wald y posteriormente una prueba de hipótesis de una cola, donde se reporta el p-valor de la prueba de hipótesis. Por lo general, se rechaza la hipótesis de que los coeficientes del 2007 sean mayores respecto de aquellos del 2017 para todas las variables salvo Porcentaje de hogares de buena calidad, Porcentaje de población que ha realizado trabajo remunerado esta semana y, en la especificación con efectos fijos de provincia y distrito, para las variables de Porcentaje de población con al menos educación superior completa.

Ahora bien, como se explicó en la sección anterior, el problema de endogeneidad que suele estar presente en este tipo de análisis conlleva a complementar el análisis con el método de variables instrumentales para el año 2017. En ese aspecto, se consideró el uso de dos alternativas: utilizar el Qhapac Ñan y el algoritmo de Kruskal como instrumentos que ayuden a generar la suficiente variabilidad o exogeneidad y evitar que las estimaciones arrojen coeficientes sesgados e inconsistentes.

Con respecto a la primera alternativa, como se explicó, el hecho de que en general la vía concesionada coincide con el trazo de la red de Caminos del Inca (véase el mapa 2), la simple distancia desde el centroide de la manzana al tramo más cercano de la carretera Buenos Aires–Canchaque sería lo suficientemente exógena para determinar un impacto causal. En ese sentido, bastaría con utilizar los resultados que se reportan en los cuadros 5 al 10, en sus especificaciones (4), (5) y (6) para el año 2017. Así, se concluye que la carretera Buenos Aires–Canchaque habría tenido un impacto favorable a nivel de manzanas en el ámbito de la concesión en lo que se refiere a la tenencia de activos, calidad de vivienda y educación; no pudiéndose evidenciar impacto de la concesión en el empleo.

Con respecto a la segunda alternativa, al utilizar el método de mínimos cuadrados en 2 etapas y empleando como instrumento una red de vías bajo el algoritmo de Kruskal, los cuadros 11 y 12 reportan las estimaciones de las ecuaciones (2) y (3), respectivamente. El supuesto de relevancia del estimador de variables instrumentales, que exige que el instrumento esté correlacionado con el regresor endógeno, es estadísticamente significativo y tiene signo negativo. Esto se mantiene en las especificaciones (2) y (3) también de cada cuadro. Es decir, significa que la recta más próxima de la red de Kruskal debería ser un buen predictor de la distancia desde cada manzana a la carretera Buenos Aires–Canchaque. En el mapa 3 se puede apreciar también que, predominantemente, mientras mayor la distancia desde una manzana al tramo más cercano de la carretera Buenos Aires–Canchaque, menor es la distancia desde una manzana al tramo más cercano de la red de Kruskal. Así, en los cuadros 11 y 12, se aprecia con claridad que los coeficientes estimados de la regresión (2) y (3) son estadísticamente significativos al 1%, ambos robustos a la inclusión de controles de efectos fijos. Más aún, en ambas regresiones se aprecia que el F estadístico es superior a 10, lo que indica que cada modelo no adolece de un problema de instrumento débil.

Cuadro 11:

Primera etapa de estimación IV para la variable “distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque”

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Ln(distancia a Kruskal).	-2,454*** (0,278)	-2,489*** (0,286)	-0,814*** (0,15)
Ln(distancia a Kruskal) ² .	0,208*** (0,018)	0,211*** (0,019)	0,06*** (0,012)

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Ln(distancia a Red Vial).	0,326*** (0,025)	0,322*** (0,025)	0,309*** (0,027)
Número de hogares.	-0,001 (0,006)	0 (0,007)	-0,002 (0,004)
Número de personas.	0,003* (0,002)	0,003 (0,002)	0,001 (0,001)
% de población cuyo idioma nativo es español.	0,688 (0,575)	0,65 (0,555)	-0,072 (0,271)
Constante	11,1*** (1,128)	11,18*** (1,135)	10,909*** (0,566)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí
Observaciones	1389	1389	1389
R ²	0,5661	0,5665	0,8955
F-stat	233,87	203,26	515,716

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Cuadro 12:

Primera etapa de estimación IV para la variable “distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque²”

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Ln(distancia a Kruskal).	-36,841*** (3,867)	-37,331*** (3,984)	-14,516*** (2,107)
Ln(distancia a Kruskal) ² .	3,16*** (0,253)	3,197*** (0,261)	1,15*** (0,165)
Ln(distancia a Red Vial).	4,033*** (0,306)	3,986*** (0,312)	3,748*** (0,339)
Número de hogares.	-0,006 (0,084)	0,009 (0,084)	-0,031 (0,047)
Número de personas.	0,039* (0,024)	0,034 (0,024)	0,012 (0,012)
% de población cuyo idioma nativo es español.	7,51 (6,976)	6,984 (6,734)	-0,693 (2,79)
Constante	120,387*** (15,239)	121,475*** (15,392)	114,859*** (7,464)

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí
Observaciones	1389	1389	1389
R ²	0,6395	0,6399	0,9186
F-stat	346,18	300,98	941,83

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

En los cuadros 13 al 18, para cada variable dependiente de interés, se reportan las estimaciones de la segunda etapa, es decir, de la ecuación (4), según corresponda, utilizando como instrumentos los resultados de los cuadros 11 y 12.

El cuadro 13 presenta el resultado para la variable de resultado “índice de tenencia de activos”. En la especificación (1), cuando no se controla por efectos fijos de provincia y distrito, los coeficientes de interés son estadísticamente significativos y se mantienen conforme se insertan los controles de efectos fijos, tanto en la especificación (2) como en la (3). Esto confirma la hipótesis de que la concesión de la carretera Buenos Aires–Canchaque tendría un impacto sobre la riqueza de los hogares. Asimismo, el signo positivo de su término lineal en logaritmos y el signo negativo de su término cuadrático en logaritmos indica una relación cóncava entre la proximidad a la concesión y el índice de riqueza de los hogares. Este resultado confirma la hipótesis de una relación no monotónica y sugiere que las personas acceden a más bienes o activos físicos cuando disponen de mejores oportunidades de conectividad de transporte a una distancia razonable de la vía toda vez que, a partir de cierta distancia (por ejemplo, 2,9 km, como se puede ver en la variable cuadrática de distancia a la carretera Buenos Aires–Canchaque en el mismo cuadro para la especificación (2)) se impondría una afectación o externalidad negativa sobre su “stock de bienes” debido a la lejanía a la vía.

Cuadro 13:

Segunda etapa de estimación IV para la variable “índice de tenencia de activos”

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,519*** (0,18)	0,622*** (0,206)	0,412*** (0,091)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,033*** (0,011)	-0,039*** (0,013)	-0,022*** (0,005)
Ln(distancia a Red Vial).	-0,051*** (0,013)	-0,061*** (0,014)	-0,058*** (0,013)
Número de hogares.	-0,004*** (0,001)	-0,004** (0,001)	-0,003** (0,001)
Número de personas.	0,001*** (0)	0,001*** (0)	0,001*** (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,019	-0,067	0,106

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Constante	(0,097) -1,318** (0,557)	(0,12) -1,658** (0,641)	(0,084) -1,426*** (0,426)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí
Observaciones	1389	1389	1389
Distancia de inflexión.	2600,961	2905,495	11 656,7

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

El cuadro 14 presenta las estimaciones para la variable de resultado “porcentaje de hogares de buena calidad”. En la especificación (1), cuando no se controla por efectos fijos de provincia y distrito, los coeficientes de interés son estadísticamente significativos y se mantienen conforme se insertan los controles de efectos fijos, tanto en la especificación (2) como en la (3). Esto confirma la hipótesis de que la concesión de la carretera Buenos Aires–Canchaque tendría un impacto sobre la calidad de las viviendas. Asimismo, el signo negativo de su término lineal en logaritmos y el signo negativo de su término cuadrático en logaritmos indicarían una relación cóncava entre la proximidad a la concesión y porcentaje de hogares de mejor calidad en las manzanas. Este resultado confirma la hipótesis de una relación no monotónica y sugiere que hay mayores oportunidades de mejorar la calidad de vivienda con un razonable acceso a la carretera concesionada, pero no tan cerca de la vía (en este caso, a partir de los 2,5 km, como se puede ver en la variable “distancia de inflexión” en el mismo cuadro para la especificación (2)) para evitar externalidades negativas (Tillema *et al.*, 2012).

Cuadro 14:

Segunda etapa de estimación IV para la variable “porcentaje de hogares de buena calidad”

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Ln (distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	1,276*** (0,36)	1,568*** (0,435)	0,855*** (0,209)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,082*** (0,023)	-0,1*** (0,028)	-0,04*** (0,012)
Ln(distancia a Red Vial).	-0,102*** (0,025)	-0,131*** (0,03)	-0,138*** (0,03)
Número de hogares.	-0,004 (0,003)	-0,002 (0,003)	-0,001 (0,003)
Número de personas.	0,002** (0,001)	0,001 (0,001)	0,001 (0,001)
% de población cuyo idioma nativo es español.	0,028 (0,145)	-0,107 (0,212)	0,191 (0,139)
Constante	-3,839***	-4,806***	-4,072***

Explicativas	(1)	(2)	(3)
	(1,122)	(1,364)	(0,963)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí
Observaciones	1389	1389	1389
Distancia de inflexión.	2393,442	2540,205	43 804,86

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

El cuadro 15 presenta las estimaciones para la variable de resultado “porcentaje de población con, por lo menos, educación superior completa”. En la especificación (1), cuando no se controla por efectos fijos de provincia y distrito, los coeficientes de interés son estadísticamente significativos y se mantienen conforme se insertan los controles de efectos fijos, tanto en la especificación (2) como en la (3). Esto confirma la hipótesis de que la concesión de la carretera Buenos Aires–Canchaque habría tenido un impacto favorable sobre la educación superior completa. Asimismo, el signo positivo de su término lineal en logaritmos y el signo negativo de su término cuadrático en logaritmos indicaría una relación cóncava entre la proximidad a la concesión y sugiere que las personas encuentran beneficiosa la accesibilidad para continuar, a través de estudios superiores, con el desarrollo de su capital humano. Sin embargo, dicho efecto empezaría a decrecer a partir de cierta distancia de la vía (en este caso, a partir de los 2,6 km, como se puede ver en la variable “distancia de inflexión” en el mismo cuadro para la especificación (2)), debido al signo negativo de su término cuadrático por las externalidades negativas que la mayor distancia o lejanía de oportunidades de conectividad les impone.

Cuadro 15:

Segunda etapa de estimación IV para la variable “porcentaje de población con, por lo menos, educación superior completa”

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,885*** (0,288)	0,723*** (0,227)	0,434*** (0,092)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,056*** (0,018)	-0,046*** (0,014)	-0,023*** (0,005)
Ln(distancia a Red Vial).	-0,078*** (0,02)	-0,061*** (0,016)	-0,06*** (0,014)
Número de hogares.	0,001 (0,002)	0 (0,001)	0 (0,001)
Número de personas.	-0,001 (0)	0 (0)	0 (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,428* (0,247)	-0,352* (0,198)	-0,072 (0,095)

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Constante	-2,308** (0,915)	-1,771** (0,721)	-1,505*** (0,432)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí
Observaciones	1389	1389	1389
Distancia de inflexión.	2702,103	2588,142	12 516,24

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Como se podrá apreciar en los cuadros 16 y 17, los resultados son similares para el caso de la educación superior incompleta y educación secundaria. Es decir, la concesión Buenos Aires–Canchaque ha tenido un efecto a favor en la educación de las personas en las áreas de ámbito de la vía, pero dicho efecto favorable empieza a decrecer a partir de distancias de 2,8 km y 2,6 km, como se puede apreciar en la variable “distancia de inflexión” en cada cuadro para la especificación (2), respectivamente.

Cuadro 16:

Segunda etapa de estimación IV para la variable “porcentaje de población con, por lo menos, educación superior incompleta”

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	1,163*** (0,362)	0,971*** (0,291)	0,595*** (0,123)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,073*** (0,023)	-0,061*** (0,018)	-0,032*** (0,007)
Ln(distancia a Red Vial).	-0,104*** (0,025)	-0,085*** (0,02)	-0,083*** (0,018)
Número de hogares.	0,001 (0,002)	0 (0,002)	-0,001 (0,001)
Número de personas.	-0,001 (0,001)	0 (0)	0 (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,473 (0,307)	-0,384 (0,249)	-0,021 (0,116)
Constante	-3,089*** (1,154)	-2,456*** (0,928)	-2,112*** (0,579)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí
Observaciones	1389	1389	1389
Distancia de inflexión.	2880,599	2861,257	10 903,89

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Cuadro 17:

Segunda etapa de estimación IV para la variable “porcentaje de población con, por lo menos, educación secundaria”

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	1,145*** (0,337)	1,011*** (0,288)	0,69*** (0,114)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,072*** (0,021)	-0,064*** (0,018)	-0,4*** (0,007)
Ln(distancia a Red Vial).	-0,104*** (0,023)	-0,09*** (0,02)	-0,086*** (0,016)
Número de hogares.	0 (0,002)	-0,001 (0,002)	-0,002 (0,001)
Número de personas.	0 (0,001)	0 (0)	0,001** (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,384 (0,288)	-0,322 (0,249)	0,066 (0,147)
Constante	-2,736** (1,079)	-2,291** (0,926)	-2,008*** (0,526)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí
Observaciones	1389	1389	1389
Distancia de inflexión.	2839,516	2693,071	2,369076

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

El cuadro 18 presenta las estimaciones para la variable de resultado “porcentaje de población que ha realizado trabajo remunerado en la última semana”. En la especificación (1), cuando no se controla por efectos fijos de provincia y distrito, los coeficientes de interés son estadísticamente significativos y se mantienen conforme se insertan los controles de efectos fijos, tanto en la especificación (2) como en la (3). Esto confirma la hipótesis de que la concesión de la carretera Buenos Aires–Canchaque habría tenido un impacto favorable sobre las oportunidades de empleo (teniendo en cuenta, ciertamente, la pregunta considerada al respecto en el censo poblacional). Asimismo, el signo positivo de su término lineal en logaritmos y el signo negativo de su término cuadrático en logaritmos indicaría una relación cóncava entre la proximidad a la concesión y sugiere que las personas han hallado oportunidades laborales gracias a la accesibilidad que les brinda la carretera concesionada, aunque dicho efecto se reduce a partir de los 2,7 km, según la variable “distancia de inflexión” en el mismo cuadro para la especificación (2).

Cuadro 18:

Segunda etapa de estimación IV para la variable “porcentaje de población que ha realizado trabajo remunerado en la última semana”

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,662*** (0,233)	0,601*** (0,209)	0,3*** (0,086)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,041*** (0,015)	-0,038*** (0,013)	-0,015*** (0,005)
Ln(distancia a Red Vial).	-0,062*** (0,016)	-0,056*** (0,015)	-0,05*** (0,013)
Número de hogares.	0,002 (0,001)	0,001 (0,001)	0,001 (0,001)
Número de personas.	-0,001 (0)	0 (0)	0 (0)
% de población cuyo idioma nativo es español.	-0,114 (0,186)	-0,085 (0,17)	0,158 (0,122)
Constante	-1,678** (0,741)	-1,475** (0,664)	-1,025** (0,433)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí
Observaciones	1389	1389	1389
Distancia de inflexión.	3207,255	2718,661	22 026,47

Nota: errores estándar robustos en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Por último, en los cuadros A1 a A6 en el anexo 2, se aplicó el test de Hausman entre los modelos MCO y MC2E para testear endogeneidad y si es apropiado, el estimador MC2E. Como se puede apreciar, la hipótesis nula se rechaza al 5 % en todos los casos, validando el uso de variables instrumentales.

4.2 Impacto de las concesiones Proyecto Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios–Cajamarca–Chiple–Cajamarca–Trujillo–Dv. Chilete–Emp. PE–3N y Tramo Vial Dv. Quilca–Dv. Arequipa (Repartición)–Dv. Matarani–Dv. Moquegua–Dv. Ilo–Tacna–La Concordia en siniestralidad (choques, heridos y fallecidos)

4.2.1 Características de las concesiones

Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios–Cajamarca–Chiple–Cajamarca–Trujillo–Dv. Chilete–Emp. PE–3N

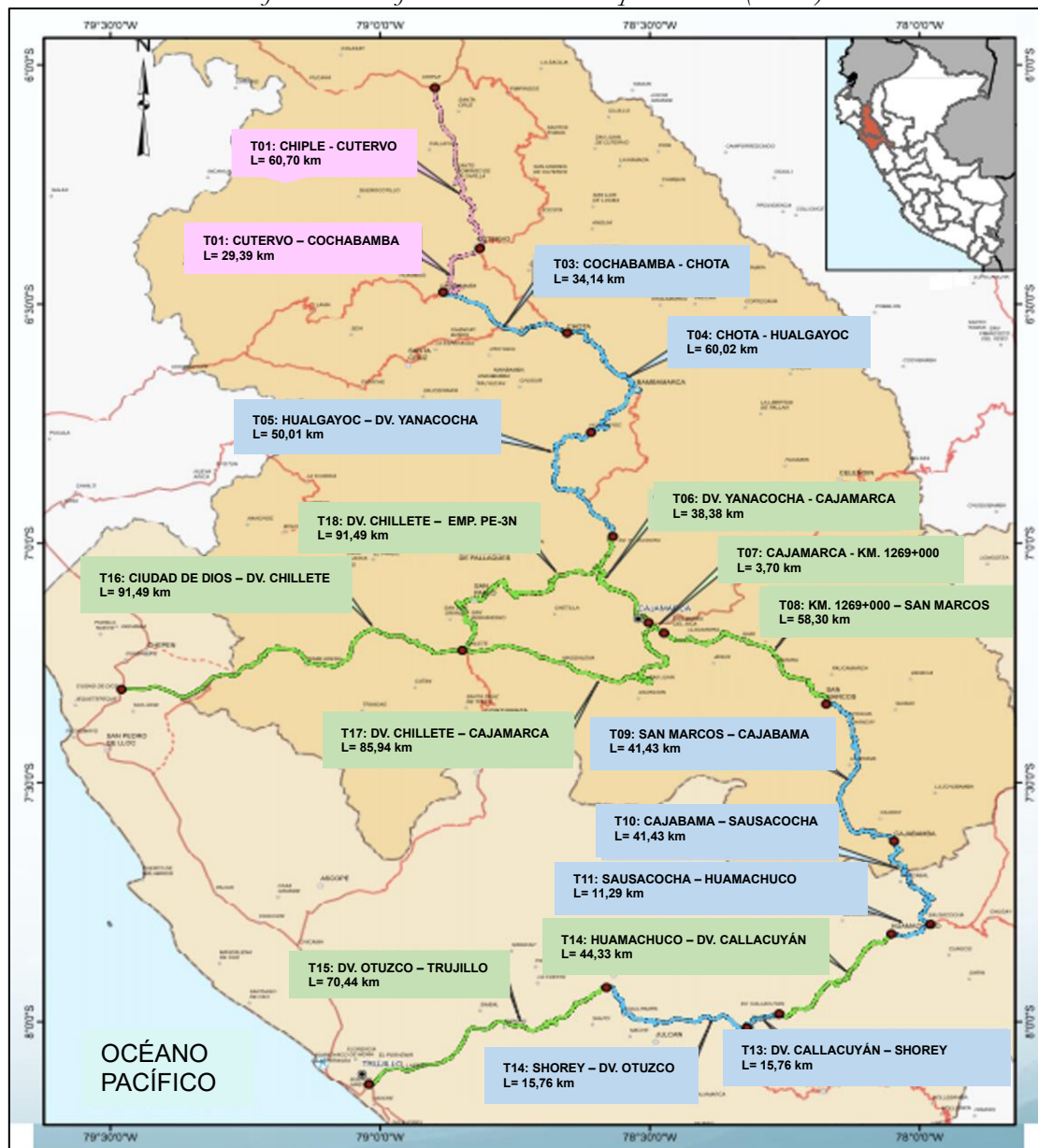
El contrato de esta concesión fue suscrito el 28 de mayo del 2014 entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC y la sociedad concesionaria denominada Concesionaria Vial Sierra Norte S. A., por un plazo de 25 años, se rige por el mecanismo de asociación público-privada, bajo la modalidad de concesión cofinanciada para la construcción, mantenimiento y explotación de la vía de, aproximadamente, 875 km (y está dividida en 18 subtramos), bajo el esquema de contrato BOT (*build, operate and transfer*), y comprende una inversión comprometida de USD 269,2 millones (inc. IGV), con 82,8 % de inversión acumulada al 2022.

Tal como se muestra en el mapa 2, la concesión se desarrolla en las regiones de La Libertad y Cajamarca. Por el norte, se inicia en el Centro Poblado de Chiple (Cajamarca) y se extiende hacia el sur hasta Sausacocha. El proyecto cuenta con dos ramales que conectan la carretera (sierra) con la costa del Perú. El ramal o carretera de penetración ubicado al norte de la concesión lleva al Centro Poblado de Ciudad de Dios, en el distrito de Guadalupe (provincia de Pacasmayo), en la región La Libertad donde se conecta con la Autopista del Sol, a la altura del km 681 de la carretera Panamericana norte. El segundo ramal ubicado al sur, llega hasta el distrito de Laredo (provincia de Trujillo), conectando Cajabamba, San Marcos y la Laguna de Saucacocha con zonas turísticas de Simbal (sierra de la provincia de Trujillo) y las ciudades de Otuzco y Huamachuco (Ositrán, 2022)¹¹.

¹¹ Ositrán (2022). Informe de Desempeño 2022. Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios–Cajamarca–Chiple–Cajamarca–Trujillo–Dv. Chilete–Emp. PE3N. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos. Lima – Perú.

Mapa 4:

Ámbito de la Concesión Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios–Cajamarca–Chiple–Cajamarca–Trujillo–Dv. Chilete–Emp. PE–3N (en km)



Fuente: Ositrán (2022)¹¹

Tramo Vial Dv. Quilca–Dv. Arequipa (Repartición) –Dv. Matarani–Dv. Moquegua–Dv. Ilo–Tacna–La Concordia

El contrato de esta concesión fue suscrito el 30 de enero del 2013 entre el Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC y la empresa Concesionaria Peruana de Vías – Covinca S. A., por un plazo de 25 años, se rige por el mecanismo de asociación público-privada, bajo la modalidad de concesión autosostenible para la construcción, mantenimiento y explotación de la vía de, aproximadamente, 427 km (comprende 4 tramos), bajo el esquema

¹¹ Ositrán (2022). Informe de Desempeño 2022. Tramo Vial Dv. Quilca–Dv. Arequipa (Repartición)–Dv. Matarani–Dv. Moquegua–Dv. Ilo–Tacna–La Concordia. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos. Lima – Perú

de contrato BOT (*build, operate and transfer*), y comprende una inversión comprometida de USD 134,26 millones (inc. IGV), con 28,5 % de inversión acumulada al 2022.

Tal como se muestra en el mapa 3, el ámbito de la concesión comprende carreteras de penetración que recorren el sur del Perú, conectando las regiones de Arequipa y Moquegua con la región Tacna, facilitando el intercambio comercial entre dichas zonas (Ositrán, 2022)¹².

Mapa 5:

Ámbito de la concesión Tramo Vial Dv. Quilca–Dv. Arequipa (Repartición)–Dv. Matarani–Dv. Moquegua–Dv. Ilo–Tacna–La Concordia



Fuente: Ositrán (2022)

4.2.2 Metodología de estimación

Estrategia empírica

Como se ha referido en secciones previas, los contratos de concesión bajo el esquema de asociaciones público-privadas (APP) se han vuelto en el tiempo un importante mecanismo para atraer financiamiento y gestión privada en el sector vial, mayormente en infraestructura de carreteras (Bonifaz y Fasanando, 2022)¹³. Así, durante el periodo contractual, el operador privado recibe periódicamente, por el costo de inversión, operación, mantenimiento y rehabilitación, los recursos obtenidos por su derecho sobre la concesión entregada por el Estado (por ejemplo, ingresos por peajes). Por el contrario, bajo una obra pública tradicional

¹² Ositrán (2022). Informe de Desempeño 2022. Tramo Vial Dv. Quilca–Dv. Arequipa (Repartición)–Dv. Matarani–Dv. Moquegua–Dv. Ilo–Tacna–La Concordia. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos. Lima – Perú.

¹³ Bonifaz, J. L. y Fasanando, A. (2022). The use of propensity score matching methodology for analysis of concession: The case of road networks in Peru, Case Studies on Transport Policy 10: 2350-2357. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.10.017>.

(OPT), el Estado asume el costo de construcción de la obra pública, sin recurrir a ningún tipo de financiamiento proveniente del sector privado.

Estudios previos encuentran más pros que contras en las APP que en las OPT. Al compararlas para un mismo tipo de infraestructura, Yescombe (2007)¹⁴ postula que cuando un solo contratista es responsable de la construcción y operación de un servicio público – que es el típico caso de una APP, en comparación a una OPT en la que el Gobierno delega las tareas a diferentes contratistas independientes (Grimsey y Lewis, 2004)¹⁵– tendrá fuertes incentivos para invertir eficientemente en la etapa de construcción con el fin de reducir los costos incurridos en la operación de la concesión, lo que conlleva a la construcción y gestión de carreteras de mayor calidad y más rentables (Iossa, 2015¹⁶; Fischer, 2011¹⁷). Por el contrario, bajo una OPT, el constructor no tiene mayores incentivos para invertir eficientemente, ya que los costos operativos futuros correrán a cargo del otro responsable (Hart, 2003)¹⁸.

En esta sección se desea evaluar el impacto de las dos concesiones descritas en el acápite previo sobre la seguridad vial. A saber, se desea verificar la hipótesis de que la siniestralidad –a través de accidentes de vehículos, heridos y fallecimientos– es menor en tramos de carreteras concesionadas que en tramos de carreteras no concesionadas. Esto es encontrado para España y Perú por Albalade y Bel-Piñana (2016)¹⁹, y Bonifaz y Fasanando (2022), respectivamente. Mientras que el primero halla que en tramos de carreteras concesionadas se presentaron entre 17 % y 42 % menos fatalidades (choques con víctimas) por kilómetro, que en tramos de carreteras no concesionadas; el segundo estudio estima que si todos los tramos de carreteras fuesen concesionados, la reducción de fatalidades representaría un ahorro de USD 189 millones por año, lo que se debería al rol importante que juega la calidad del diseño de la vía, sugiriendo que las carreteras bajo APP están positivamente correlacionadas con mejores resultados en seguridad vial para carreteras de similar calidad (Albalade y Bel-Piñana, 2019)²⁰. Cabe señalar que en este estudio se replica la metodología de Bonifaz y Fasanando (2022).

Para evaluar el impacto de ambas concesiones en la siniestralidad se debe comparar el nivel de siniestros en tramos de carreteras concesionadas con una estimación del nivel de siniestros que hubieran ocurrido si dichas carreteras no hubieran sido concesionadas. Idealmente, sería deseable comparar las tasas de fatalidad observadas en cada segmento o tramo tratado (o concesionado) de carretera con su contrafactual, lo cual previene sobre la imposibilidad de adoptar métodos como los de asignación aleatoria (Gertler *et al.*, 2011)²¹. Sin embargo, es posible implementar alguna metodología alternativa que permita aproximar dicho contrafactual, tal como la técnica de diferencias en diferencias (como en Alves *et al.*,

¹⁴ Yescombe, E. (2007). Public-private partnerships, principles of policy and finance. First Edition. 20th March 2007.

¹⁵ Grimsey, D., and Lewis, M. (2004). Public-private partnerships: the worldwide revolution in infrastructure provision and project finance. Edward Elgar Publishing Limited. Cheltenham. 10.4337/9781845423438.

¹⁶ Iossa, E. (2015). Contract and procurement design for PPPs in highways: the road ahead, June. CEIS Working Paper N.º 345, available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2617391> or <https://doi.org/10.2139/ssrn.2617391>.

¹⁷ Fischer, R. (2011). The promise and peril of public-private partnerships, lessons from the Chilean experience. International Growth Centre. Working paper, June.

¹⁸ Hart, O. (2003). Incomplete contracts and public ownership: remarks, and an application to public-private partnerships. *The Economic Journal*, March. 10.1111/1468-0297.00119.

¹⁹ Albalade, D., and Bel-Piñana, G. (2016). Do public-private partnerships promote road safety? In XXIII Encuentro de Economía Pública, 62.

²⁰ Albalade, D., Bel-Piñana, G. (2019). The effects of public-private partnerships on road safety outcomes. Crash analysis and prevention 128, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.03.015>.

²¹ Gertler, P. J., Martínez, S., and Premand, P. (2011). Impact evaluation in practice. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2550>.

2020²²) o la de *propensity score matching* (PSM) (como en Bonifaz y Fasanando, 2022). Ahora bien, toda vez que la ausencia de una línea de base que permita cuantificar los cambios en las tasas de fatalidad relacionadas con la presencia de una concesión, se limita el uso de métodos más precisos como el indicador de diferencias en diferencias.

En ese sentido, el análisis a realizar empleará el método de PSM, técnica que busca encontrar, para cada elemento del grupo tratado, un elemento similar al grupo de control, dadas sus características preobservadas. Es decir, una vez estimada la probabilidad de que un tramo de la carretera sea concesionado o no, y obtener la denominada propensión o *propensity score*, será posible la construcción de un grupo de control ficticio estadísticamente comparable al grupo de tratamiento con el cual será posible realizar emparejamientos de acuerdo al *propensity score* calculado (Gertler *et al.*, 2021). Así, la metodología de PSM permitiría una comparación entre tramos de carreteras concesionadas y no concesionadas.

Para modelar la probabilidad de que un tramo de carretera sea asignado al grupo de tratamiento se suele emplear un modelo de elección discreta (*probit* o *logit*), con lo cual será posible cumplir con el primer paso de la metodología, que es la estimación del *propensity score*.

Asimismo, se requiere considerar un set de variables explicativas que, acorde con la literatura, influyan o sean determinantes para pertenecer al grupo de tratamiento. Una vez conformados los grupos de comparación (que forman parte del *common support*, es decir, la parte en la distribución de probabilidad de superposición entre el grupo de tratamiento y el grupo de control), se emplearán algunos algoritmos que permitirán estimar el efecto promedio de la concesión en el grupo de tratamiento al comparar la diferencia promedio en los resultados entre las observaciones de los grupos de tratamiento y de control dentro de dicho *common support*. De esta manera, si dicha diferencia es negativa, se estará testeando la hipótesis principal de que los tramos de carreteras concesionadas registran menores siniestralidades (choques, heridos y fallecidos) que en tramos de carreteras no concesionadas.

Dichos algoritmos son (Gertler *et al.*, 2011): i) *nearest neighbor matching*, que para cada observación tratada selecciona una observación control que posee las características más cercanas en términos del *propensity score*; ii) *radius matching*, en el que cada observación tratada es emparejada con observaciones control que están dentro de un radio específico, y, iii) *kernel matching*, en el que cada observación tratada corresponde a muchas observaciones de control con ponderadores inversamente proporcionales a la distancia entre las observaciones de tratamiento y las de control.

4.2.3 Data y variables

En este estudio, se extiende el periodo de análisis de Bonifaz y Fasanando (2022) del 2011-2019 al 2011-2022. Así, los datos comprenden 48 tramos de carreteras concesionadas y 23 tramos de carreteras no concesionadas. El cuadro 19 presenta la estadística descriptiva de las variables consideradas en la estimación del modelo *probit*.

Los tramos de carreteras considerados pertenecen a los departamentos de Amazonas, Áncash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Ica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Madre de Dios, Moquegua, Piura, Puno, San Martín, Tacna y Tumbes. La comparabilidad entre los distintos tramos de carretera se da a través de la metodología

²² Alves P., Lucas E., and Pereira R. (2020). The causal effect of road concessions on road safety. <https://osf.io/preprints/socarxiv/rqew3/>.

PSM, la cual permite establecer un *propensity score* con el cual se pueden identificar tramos de carretera con características similares entre los grupos de control y tratamiento.²³

Las variables consideradas son las siguientes: el número de accidentes, el número de heridos y el número de fallecidos, las cuales provienen de la División de Protección de Carreteras de la Policía Nacional del Perú – Divprcar–PNP, y del Centro de Gestión y Monitoreo – CGM de la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías – Sutran. Las variables de flujo vehicular ligero y pesado provienen del Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público – Ositrán. Las variables de longitud de vías provienen del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC. La información del resto de variables de índole socioeconómico proviene de las Encuestas Nacionales de Hogares del Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, el Ministerio de Salud – Minsa y el Ministerio de Educación – Minedu. Asimismo, los tramos de carreteras seleccionados fueron elegidos en base a la información disponible (se seleccionó todos aquellos tramos que contaran con información para las variables de interés, es decir, 71 tramos).

Cuadro 19:
Estadística descriptiva según tipo de operación (2011-2022)

Variables	Tipo de operación	Promedio	Desv. Est.	Min.	Máx.
Número de accidentes por millón de vehículos.	Total	1,508	2,286	0	41,054
	Tratamiento	1,381	2,326	0	41,054
	Control	1,901	2,117	0	18,236
Número de heridos por millón de vehículos.	Total	2,087	3,912	0	79,445
	Tratamiento	1,930	4,195	0	79,445
	Control	2,573	2,824	0	79,445
Número de fallecidos por millón de vehículos.	Total	0,185	0,367	0	3,805
	Tratamiento	0,151	0,323	0	3,805
	Control	0,287	0,465	0	3,092
Flujo vehicular ligero (anual).	Total	619 367,95	785 097,6	10 000	6 290 538
	Tratamiento	707 266,08	869 151,05	10 000	6 290 538
	Control	347 903,57	301 108,01	21 586	2 001 348
Flujo vehicular pesado (anual).	Total	509 002,56	544 571,74	13 900	2 721 000
	Tratamiento	587 273,94	588 217,46	13 900	2 721 000
	Control	267 269,4	259 137,29	39 296	1 677 054
Longitud de la vía (km).	Total	38,451	21,309	4	100
	Tratamiento	39,897	22,893	4,7	100
	Control	33,987	14,597	4	70,8
Población del distrito.	Total	32 420,175	45 813,168	1158,559	319 454,5
	Tratamiento	34 953,464	49 354,886	1158,559	319 454,5
	Control	24 596,371	31 371,065	1309	127 570,1
Centros de salud por cada 10 000 habitantes.	Total	6,713	5,229	0,752	39,683
	Tratamiento	7,056	5,736	0,752	39,683
	Control	5,657	2,962	1,946	13,139

²³ Véase en el anexo 3 la relación de los 71 tramos considerados en las estimaciones.

Variables	Tipo de operación	Promedio	Desv. Est.	Min.	Máx.
Centros educativos por cada 10 000 habitantes.	Total	40,801	22,962	7,668	114,638
	Tratamiento	39,874	23,51	7,668	114,638
	Control	43,665	20,981	14,349	105,11
Ingreso mensual promedio del distrito.	Total	1469,147	928,578	40	8420,671
	Tratamiento	1604,968	1003,23	40	8420,671
	Control	1049,676	431,003	75,838	3272,333
% de hogares con electricidad.	Total	94,116	5,295	65,213	99,659
	Tratamiento	94,176	5,537	65,213	99,659
	Control	93,931	4,475	80,65	99,659

Nota: *Tratamiento* (tramos de carreteras concesionadas); *Control* (tramos de carreteras no concesionadas).

4.2.4 Resultados

Modelo *probit*

Para poder aplicar la metodología PSM, es necesario elaborar un grupo de control (contrafactual) donde, para cada observación del grupo de tratados (tramos de carretera concesionadas), se tengan observaciones con *propensity score* similares. Así, se puede comparar la tasa media de accidentes vehiculares (choques), heridos y fallecidos en los tramos concesionados con la tasa de accidentes, heridos y fallecidos de tramos similares en varias características donde la principal diferencia sería que el tramo no fue concesionado. Por ende, es necesario conformar el grupo de control con tramos de carreteras no concesionadas pertenecientes a la Red Vial Nacional de modo que los tramos de carretera seleccionados sean lo más semejantes posible a los tramos concesionados del grupo de tratados.

El primer paso para aplicar la metodología PSM consiste en estimar la probabilidad de que una observación pertenezca al grupo de tratamiento en base a las características preobservables (aquellas mismas que se utilizan para calcular el *propensity score*) que influirían en esa decisión. El cuadro 27 presenta los resultados estimados utilizando la regresión del modelo *probit*, donde se puede observar la elección de variables para la especificación. La especificación en cuestión es una réplica de la especificación utilizada por Bonifaz y Fasanando (2022). La variable dependiente representa la probabilidad de que la vía sea concesionada: toma el valor de 1 si el tramo pertenece a una vía concesionada, y 0 de otro modo. Asimismo, se consideran tanto variables explicativas a nivel de tramo de carretera como a nivel de distrito/provincia: a nivel de tramos, se consideran el flujo de vehículos ligeros, el flujo de vehículos pesados y la longitud de la vía; a nivel distrital/provincial, se consideran el número de habitantes, los centros de salud por cada 10 000 habitantes, los centros educativos por cada 10 000 habitantes, el ingreso familiar mensual promedio, si el distrito pertenece a la región sierra, y el porcentaje de hogares con electricidad.

A partir de los resultados del modelo *probit* estimado se observa que las variables de flujos de tráfico ligero y pesado, longitud de los tramos de carretera, número de centros de salud por cada 10 000 habitantes, ingreso promedio mensual y el porcentaje de viviendas con electricidad son estadísticamente significativas; y que el modelo en cuestión reporta una capacidad predictiva del 78,78 %.

Cuadro 20:
Modelo probit para estimar la probabilidad de concesión (2011-2022)

Variables	Probabilidad de concesión
Constante	4,204258*** (1,321546)
Flujo vehicular ligero.	0,000000575*** (0,000000168)
Flujo vehicular pesado.	0,00000124*** (0,000000194)
Longitud	0,0166079*** (0,0034301)
Población	0,00000217 (0,00000183)
Centro de salud por cada 10 000 habitantes.	0,0758177*** (0,0174613)
Centro educativo por cada 10 000 habitantes.	-0,0000334 (0,0035013)
Ingreso promedio mensual.	0,0006565*** (0,0001153)
<i>Dummy</i> región sierra.	-0,1294792 (0,1463681)
% de hogares con electricidad.	-0,0663317*** (0,0140583)

Nota: errores estándar en paréntesis

Niveles de significancia: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$

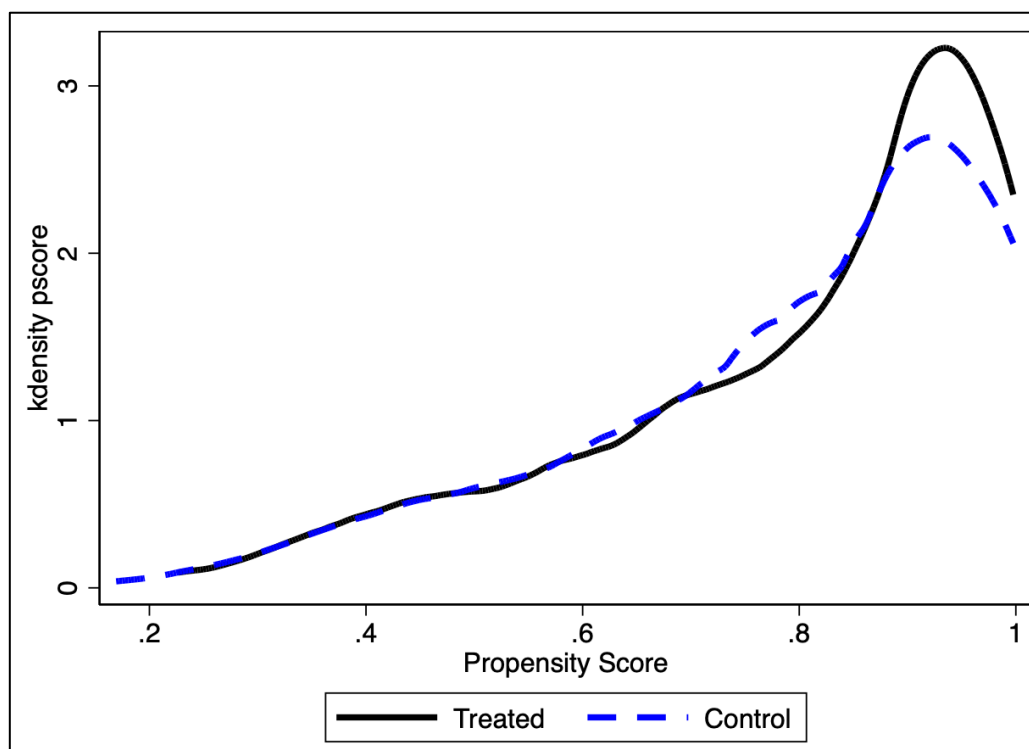
Capacidad predictiva del modelo *probit*: 78,78 %

Propensity score matching

La estimación del *propensity score* se realizó con el *common support*, haciendo uso del criterio de mínimo y máximo. Dicho criterio consiste en acotar el rango de los *propensity score* del grupo de control al rango del grupo de tratamiento (es decir, elimina las observaciones con un *propensity score* inferior a mínimo y superior al máximo del otro grupo). Tras definir los grupos de tratamiento (concesionados) y control (contrafactual), se procedió al emparejamiento para evaluar la diferencia entre la media de las tasas de accidentes, heridos y fallecidos registradas en los tramos concesionados y las tasas de accidentes, heridos y fallecidos registradas en los tramos de control, a partir de la cual se puede estimar el efecto del tratamiento (es decir, el impacto de la concesión en las variables de interés).

Se puede observar que la distribución del *propensity score* del grupo de tratamiento y de control en el *common support* se asemejan (gráfico 1).

Gráfico 1:
Distribución del propensity score en el common support (2011-2022)



Fuente: Elaboración propia

Se estimó el efecto promedio del tratamiento sobre los tratados (ATT) utilizando los siguientes algoritmos de coincidencia: *nearest neighbor*, *second nearest neighbor*, *radius* y *kernel*. Los siguientes cuadros presentan el impacto estimado de la concesión en las tasas de accidentes (cuadro 21), tasas de heridos (cuadro 22) y en las tasas de muertos (cuadro 23). Entiéndase como tasa, según corresponda, a accidentes/heridos/fallecidos por cada millón de vehículos (flujo vehicular) que transitan por la carretera.

Cuadro 21:
PSM Tasa de accidentes

<i>Matching method</i>	ATT
<i>Nearest neighbor</i>	-0,465 (0,446)
<i>2 nearest neighbor</i>	-0,465 (0,446)
<i>Maximum distance (radius)</i>	-0,588*** (0,217)
<i>Kernel</i>	-0,662* (0,427)

Nota: errores estándar en paréntesis. Errores estándar simulados vía *bootstrapping*.
Niveles de significancia: *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,10$

Cuadro 22:
PSM Tasa de heridos

<i>Matching method</i>	ATT
<i>Nearest neighbor</i>	-0,75 (0,645)
<i>2 nearest neighbor</i>	-0,75 (0,645)
<i>Maximum distance (radius)</i>	-0,547** (0,312)
<i>Kernel</i>	-0,681 (0,748)

Nota: errores estándar en paréntesis. Errores estándar simulados vía *bootstrapping*.
Niveles de significancia: ***p<0,01, **p<0,05, *p<0,10.

Cuadro 23:
PSM Tasa de fallecidos

<i>Matching method</i>	ATT
<i>Nearest neighbor</i>	-0,091 (0,113)
<i>2 nearest neighbor</i>	-0,091 (0,113)
<i>Maximum distance (radius)</i>	-0,124*** (0,045)
<i>Kernel</i>	-0,086* (0,056)

Nota: errores estándar en paréntesis. Errores estándar simulados vía *bootstrapping*.
Niveles de significancia: ***p< 0,01, **p< 0,05, *p< 0,10

Como se puede ver en los cuadros 21 al 23, la diferencia en los tres emparejamientos de algoritmos fue negativa, esto significaría que los tramos concesionados tienen menos accidentes, menos heridos y menos muertes que los no concesionados. En particular, el algoritmo de *radius* es el que reporta ATT estadísticamente significativos y sugiere que la hipótesis propuesta se cumple, es decir, en los tramos de carreteras concesionadas las tasas de accidentes, heridos y fallecidos son inferiores en comparación con los tramos de carreteras no concesionadas. En otras palabras, la adjudicación de carreteras de estas dos concesiones ha tenido un impacto negativo en la siniestralidad.

5. Conclusiones

En este documento se hace una aproximación del impacto de la concesión de tres carreteras en un conjunto de variables relevantes relacionadas con el bienestar de las personas. A saber, el impacto de la concesión del Proyecto Empalme 1B–Buenos Aires–Canchaque en la tenencia de activos, calidad de vivienda, educación y empleo en hogares de la zona de influencia; y el impacto de las concesiones Proyecto Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios–Cajamarca–Chiple–Cajamarca–Trujillo–Dv. Chilete–Emp. PE–3N, y Tramo Vial Dv. Quilca–Dv. Arequipa (Repartición)–Dv. Matarani–Dv. Moquegua–Dv. Ilo–Tacna–La Concordia en siniestralidad, específicamente, en choques, heridos y fallecidos.

De acuerdo con las estimaciones realizadas y siguiendo el modelo causal considerado, los resultados cuantitativos reportan lo siguiente:

- Se puede decir que, en base a las estimaciones realizadas, la concesión de la carretera Buenos Aires–Canchaque ha tenido un impacto favorable en el bienestar de las personas en el ámbito de esta concesión. En materia de tenencia de activos, calidad de vivienda y educación, la estimación de MCO indica que la proximidad a la vía tiene un efecto positivo en dichas variables, pero que los efectos tienden a reducirse a partir de cierta distancia, que estaría alrededor de los 2,5 km de la vía, potencialmente al entrar en juego algunas externalidades negativas (congestión vehicular, ruido, o lejanía). Sin embargo, cuando se emplea el método de variables instrumentales, que aísla el problema de endogeneidad, la estimación de MC2E señala que, además de las variables mencionadas, el impacto de la concesión es también favorable en el empleo de las personas pertenecientes a las áreas de influencia de la concesión. Asimismo, los resultados indican que los impactos identificados decrecen a partir de cierta distancia, que estaría alrededor de los 2,5 km de la vía. Luego de evaluar las pruebas de robustez realizadas (test de Hausman), se puede decir que las estimaciones brindan elementos de juicio para atribuir causalidad a las relaciones halladas.
- Tras utilizar el método de *propensity score matching*, se puede afirmar que, las concesiones Proyecto Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios–Cajamarca–Chiple–Cajamarca–Trujillo–Dv. Chilete–Emp. PE–3N, y Tramo Vial Dv. Quilca–Dv. Arequipa (Repartición)–Dv. Matarani–Dv. Moquegua–Dv. Ilo–Tacna–La Concordia, los algoritmos de *radius* y *kernel* indican que los tramos concesionados tienen menos accidentes, menos heridos y menos muertes en comparación a los tramos no concesionados. En otras palabras, el análisis realizado para estas dos concesiones permite afirmar que ambas concesiones han tenido un impacto negativo en la siniestralidad.

Es importante mencionar que para los periodos de análisis considerados en las evaluaciones de impacto de los tres contratos de concesión, ciertamente hay algunos aspectos que no pueden ser capturados de manera directa en los modelos empleados, pero que han afectado a todas las concesiones de carreteras actualmente en operación, y que implícitamente, se confinan en el término constante o del error de las regresiones. Así, se tiene que, en el caso de la carretera Buenos Aires–Canchaque, eventos como el Fenómeno El Niño de 2006/07, 2009/10, 2014/16 y 2017, sin duda han tenido un efecto durante el periodo de análisis en las poblaciones localizadas en el área de influencia de la concesión. Asimismo, la misma infraestructura ha sido afectada por dicho evento, lo que ha requerido

mejoras a la misma. De otro lado, durante dichos años, otras concesiones de infraestructura de transporte han tenido lugar, como lo son el Terminal Portuario de Paita y la IIRSA Norte, que de cierta manera, han podido generar efectos en las variables analizadas. Con respecto a las otras dos concesiones de carreteras analizadas, durante los años de análisis 2011 y 2022, en el ámbito institucional, la creación e inicio de funcionamiento de la Sutran en el año 2010 (https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/Ley_29380.pdf) ciertamente ha jugado un rol en materia de fiscalización de los vehículos que transitan en las vías, lo que definitivamente también puede haber impactado en las variables de siniestralidad analizadas.

Finalmente, este estudio sienta algunas bases para futuras investigaciones. En primer lugar, de las variables de resultados analizadas, mayormente no se ha podido verificar que haya habido un impacto de las concesiones de los proyectos en el empleo, lo cual probablemente se deba a la información limitada del Censo Poblacional, al no contar con una variable más idónea para su métrica, además de otras variables no observables que podrían estar influyendo en la medición de dicho impacto. En ese sentido, se recomienda el desarrollo de encuestas a nivel de hogares y negocios en las áreas de ámbito de las vías concesionadas y no concesionadas para determinar si los proyectos concesionados generan efectos en el surgimiento de negocios, empleo, y aumento de salarios. En segundo lugar, se recomienda considerar estudios del impacto de la complementariedad de infraestructuras concesionadas (por ejemplo, carreteras y aeropuertos) a nivel regional, evaluando también combinaciones de una infraestructura concesionada con otra que no lo esté, sobre el desarrollo del sector turismo, el bienestar, entre otros. En tercer lugar, sería interesante extender el análisis del impacto de los proyectos de infraestructura sobre la siniestralidad, como el ejercicio realizado en este estudio, esta vez evaluando si la calidad en el diseño de la vía (cuyos requerimientos no necesariamente son los mismos para todos los contratos) tiene efectos en el impacto. Asimismo, la valorización o cuantificación de dichos impactos permitiría arribar a órdenes de magnitud sobre los costos de la vida humana (como en Bonifaz y Fasanando, 2022). Y, en cuarto lugar, en un contexto de eventos como el Fenómeno El Niño que hace poco afectó precisamente a la carretera Buenos Aires–Canchaque, se sugiere evaluar el impacto del cambio climático en el desempeño de la infraestructura vial, que derive en recomendaciones en términos de medidas de resiliencia y adaptación.

6. Referencias

- Adugbila, E. (2019). Assessing the impact of road expansion in peri-urban areas: The case of Kasoa, Accra City.
- Aguirre, J., Campana, Y., Guerrero, E., & De La Torre Ugarte, D. (2018). Roads and agriculture: impacts of connectivity in Peru. *International Journal of Transport Economics*, 45(4), 605-629. <https://doi.org/10.19272/201806704005>.
- Albalade, D., & Bel-Piñana, G. (2016). Do public-private partnerships promote road safety? In XXIII Encuentro de Economía Pública, 62.
- Albalade, D., & Bel-Piñana, G. (2019). The effects of public-private partnerships on road safety outcomes. *Crash analysis and prevention* 128, 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.03.015>.
- Alves P., Lucas E., & Pereira R. (2020). The causal effect of road concessions on road safety. <https://osf.io/preprints/socarxiv/rqew3/>.
- Andrés, L., Iimi, A., Orfei, A., & Samad, H. (2013). Impact evaluation for infrastructure: general guidance and existing evidence. Washington, DC: World Bank.
- Banerjee, A., Duflo, E. & Qian, N. (2012). On the road: access to transportation infrastructure and economic growth in China. NBER Working Paper N.º 17897, Marzo.
- Baum-Snow, N. (2007). Did highways cause suburbanization? *The Quarterly Journal of Economics*, 122(2), 775-805. <http://www.jstor.org/stable/25098858>.
- Berg, C., Deichmann, U., Liu, Y., & Selod, H. (2014). Transport policies and development. World Bank Policy Research Working Paper N.º 7366. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2630818>.
- Bonifaz, J. L. & Fasanando, A. (2022). The use of propensity score matching methodology for analysis of concession: The case of road networks in Peru, *Case Studies on Transport Policy* 10: 2350-2357. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.10.017>.
- Canchaque (2014). Plan de Negocios 2014. Disponible en: <https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2017/12/Plan20de20Negocios202014-Canchaque1.pdf>.
- Duranton, G., Morrow, P., & Turner, M. (2014). Roads and trade: Evidence from the US. *The Review of Economic Studies*, 81(2 (287)), 681-724. <http://www.jstor.org/stable/43551577>.
- Faber, B. (2014). Trade integration market size, and industrialization: evidence from China's

- National Trunk Highway System. *Review of Economic Studies*, 81, 1046-1070.
- Fischer, R. (2011). The promise and peril of public-private partnerships, lessons from the chilean experience. International Growth Centre. Working paper, June.
- Francisco, K., & Tanaka, M. (2019). Does public infrastructure affect human capital? The effect of improved transport connectivity on children's education in the Philippines. *Economics of Education Review*, 73, 101927. doi:10.1016/j.econedurev.2019.101927.
- Gertler, P. J., Martínez, S., & Premand, P. (2011). Impact evaluation in practice. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2550>.
- Grimsey, D., & Lewis, M. (2004). Public-private partnerships: the worldwide revolution in infrastructure provision and project finance. Edward Elgar Publishing Limited. Cheltenham. 10.4337/9781845423438.
- Hart, O. (2003). Incomplete contracts and public ownership: remarks, and an application to public-private partnerships. *The Economic Journal*, March. 10.1111/1468-0297.00119.
- Herrera, M., Alam, M., & Andrés, L. (2021). The road to opportunities in rural India: the economic and social impacts of PMGSY. Mobility and transport connectivity. World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/36626>.
- Iossa, E. (2015). Contract and procurement design for PPPs in highways: the road ahead, June. CEIS Working Paper N.º 345, available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2617391> or <https://doi.org/10.2139/ssrn.2617391>.
- Japan International Cooperation Agency. (2019). Impact evaluation of rural road improvement project in Morocco. https://www.jica.go.jp/Resource/activities/evaluation/ku57pq0000198n75-att/Rural_Road_Improvement_Project_Report.pdf.
- Lacono, M., & Levinson, D. (2009). The economic impact of upgrading roads. <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/38134>.
- Lekovich, O. (2017). Economic evaluation of urban and spatial policies. <https://research.vu.nl/ws/portalfiles/portal/42798854/complete+dissertation.pdf>.
- Martincus, C. V., Carballo, J. & Cusolito, A. (2014). Routes, exports, and employment in developing countries: following the trace of the inca roads. Inter-American Development Bank, mimeo.
- Michaels, G. (2008). The effect of trade on the demand for skill: evidence from the interstate highway system. *The Review of Economics and Statistics*, 90(4), 683–701.

<http://www.jstor.org/stable/40043108>.

- Mitnik, O., Sánchez, R., & Yañez-Pagans, P. (2018). Bright investments: measuring the impact of transport infrastructure using luminosity data in Haiti. Inter-American Development Bank.
- Ositrán (2015). Informe de desempeño 2015. Concesión Empalme 1B–Buenos Aires–Canchaque. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos. Lima – Perú.
- Ositrán (2022). Informe de desempeño 2022. Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios–Cajamarca–Chiple–Cajamarca–Trujillo–Dv. Chilete–Emp. PE3N. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos. Lima – Perú.
- Ositrán (2022). Informe de desempeño 2022. Tramo Vial Dv. Quilca–Dv. Arequipa (Repartición)–Dv. Matarani–Dv. Moquegua–Dv. Ilo–Tacna–La Concordia. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos. Lima – Perú.
- Payarti K. (2021). The implementation of Kruskal’s algorithm for minimum spanning tree in a graph. E3S Web of Conferences 297, 01062 (2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129701062>.
- Tillema, T., Hamersma, M., Sussman, J., & Arts, J. (2012). Extending the scope of highway planning: accessibility, negative externalities and the residential context. *Transport Reviews*. 32. 10.1080/01441647.2012.724726.
- Van de Walle, D. (2009) Impact evaluation of rural road projects. *Journal of Development Effectiveness*, 1(1), 15-36. DOI: 10.1080/19439340902727701.
- Vásquez, A., & Bendezú, L. (2008). Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú. <https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2016/07/dyp-39.pdf>.
- Webb R. (2013) “Conexión y Despegue Rural” Universidad San Martín de Porres, Instituto del Perú, Marzo.
- Wooldridge, J. M. (2010). Introducción a la econometría. Un enfoque moderno. Cengage Learning. <https://herioscarlanda.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/10/wooldridge-2009-introduccion-a-la-econometria-un-enfoque-moderno.pdf>.
- Won, S., Cho, S., & Kim, S. (2015). The neighborhood effects of new road infrastructure: transformation of urban settlements and resident's socioeconomic characteristics in Danang, Vietnam. *Habitat International*, 50(3), 169-179. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.08.037>.

Yescombe, E. (2007). Public-private partnerships, principles of policy and finance. First Edition. 20th March 2007.

Yu T. E., Rojas, P., Campana, Y., Hughes, D. & Aguirre, J. (2023). Highway project and residential property quality: the case of Vías Nuevas de Lima, book chapter in Urban economics, real estate, transportation, and public policy (World scientific series on public policy and technological innovation: volume 7), Ed. : Siegel D. and Cohen, J., Center for Real Estate and Urban Economic Studies, University of Connecticut.

Anexos

Anexo 1a:

Pruebas de hipótesis para modelo MCO

	(1)	(2)	(3)
Tenencia de activos.	8,82***	5,55**	16,2***
Porcentaje de hogares de buena calidad.	0,65	0,26	0,36
Porcentaje de población con al menos educación superior completa.	11,98***	11,37***	1,58
Porcentaje de población con al menos educación superior incompleta.	15,70***	14,61***	6,18**
Porcentaje de población con al menos educación superior secundaria.	15,53***	13,21***	9,51***
Porcentaje de población que ha realizado trabajo remunerado esta semana.	3,97**	5,09**	0,14
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí

Nota: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. La columna (1) considera los estadísticos F del test de Wald para las pruebas de hipótesis entre las especificaciones MCO (1)–2007 sin efectos fijos, y (4)–2017 sin efectos fijos. La columna (2) considera los estadísticos F del test de Wald para las pruebas de hipótesis entre las especificaciones MCO (2)–2007 con efectos fijos de provincia, y (5)–2017 con efectos fijos de provincia. La columna (3) considera los estadísticos F del test de Wald para las pruebas de hipótesis entre las especificaciones MCO (3)–2007 con efectos fijos de provincia y distrito, y (6)–2017 con efectos fijos de provincia y distrito.

Anexo 1b:

Pruebas de hipótesis para modelo MCO

	(1)	(2)	(3)
Tenencia de activos.	0,001486***	0,009223**	0,000029***
Porcentaje de hogares de buena calidad.	0,210477	0,306082	0,275186
Porcentaje de población con al menos educación superior completa.	0,000269***	0,000373***	0,104133

	(1)	(2)	(3)
Porcentaje de población con al menos educación superior incompleta.	0,000037***	0,000066***	0,006459***
Porcentaje de población con al menos educación superior secundaria,	0,000041***	0,000131***	0,001024***
Porcentaje de población que ha realizado trabajo remunerado esta semana,	0,976863	0,987885	0,645836
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí

Nota: * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001. La columna (1) considera los estadísticos p-valores para las pruebas de hipótesis entre las especificaciones MCO (1)–2007 sin efectos fijos, y (4)–2017 sin efectos fijos. La columna (2) considera los estadísticos p-valores para las pruebas de hipótesis entre las especificaciones MCO (2)–2007 con efectos fijos de provincia, y (5)–2017 con efectos fijos de provincia. La columna (3) considera los p-valores para las pruebas de hipótesis entre las especificaciones MCO (3)–2007 con efectos fijos de provincia y distrito, y (6)–2017 con efectos fijos de provincia y distrito.

Anexo 2:

Tests de Hausman entre modelos MCO y MC2E

Cuadro A1: Test de Hausman: tenencia de activos

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,059***	0,045***	0,058***	0,519***	0,622***	0,412***
	(0,015)	(0,014)	(0,019)	(0,18)	(0,206)	(0,091)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,003***	-0,002**	-0,005***	-0,033***	-0,039***	-0,022***
	(0,001)	(0,001)	(0,001)	(0,011)	(0,013)	(0,005)
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Modelo	OLS	OLS	OLS	2SLS	2SLS	2SLS
Observaciones	1389	1389	1389	1389	1389	1389

Nota: desviación estándar en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001. Controles incluyen: Ln(distancia a Red Vial Nacional), número de hogares, número de personas, % de personas con español como lenguaje nativo. Aplicando el test de Hausman para endogeneidad, la hipótesis nula se rechaza al 5 % en todos los casos, validando el uso de variables instrumentales. Para los modelos (1) y (4): Chi-cuadrado(2)=30,468, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (2) y (5): Chi-cuadrado(2)=33,152, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (3) y (6): Chi-cuadrado(2)=54,809, prob.>Chi-cuadrado=0,000.

Cuadro A2: Test de Hausman: calidad de vivienda

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,136***	0,096***	0,021	1,276***	1,568***	0,855***
	(0,029)	(0,028)	(0,035)	(0,36)	(0,435)	(0,209)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,009***	-0,006***	0	-0,082***	-0,1***	-0,04***
	(0,002)	(0,002)	(0,003)	(0,023)	(0,028)	(0,012)
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Modelo	OLS	OLS	OLS	2SLS	2SLS	2SLS
Observaciones	1389	1389	1389	1389	1389	1389

Nota: desviación estándar en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001. Controles incluyen: Ln(distancia a Red Vial Nacional), número de hogares, número de personas, % de personas con español como lenguaje nativo. Aplicando el test de Hausman para endogeneidad, la hipótesis nula se rechaza al 5 % en todos los casos, validando el uso de variables instrumentales. Para los modelos (1) y (4): Chi-cuadrado(2)=55,296, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (2) y (5): Chi-cuadrado(2)=62,911, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (3) y (6): Chi-cuadrado(2)=75,277, prob.>Chi-cuadrado=0,000.

Cuadro A3: Test de Hausman: educación superior completa

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,012	0,031**	0,057***	0,885***	0,723***	0,434***
	(0,013)	(0,013)	(0,016)	(0,288)	(0,227)	(0,092)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	0	-0,002*	-0,004***	-0,056***	-0,046***	-0,023***
	(0,001)	(0,001)	(0,001)	(0,018)	(0,014)	(0,005)
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Modelo	OLS	OLS	OLS	2SLS	2SLS	2SLS
Observaciones	1389	1389	1389	1389	1389	1389

Nota: desviación estándar en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001. Controles incluyen: Ln(distancia a Red Vial Nacional), número de hogares, número de personas, % de personas con español como lenguaje nativo. Aplicando el test de Hausman para endogeneidad, la hipótesis nula se rechaza al 5 % en todos los casos, validando el uso de variables instrumentales. Para los modelos (1) y (4): Chi-cuadrado(2)=65,821, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (2) y (5): Chi-cuadrado(2)=70,594, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (3) y (6): Chi-cuadrado(2)=81,86, prob.>Chi-cuadrado=0,000.

Cuadro A4: Test de Hausman: educación superior incompleta

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,025 (0,017)	0,048*** (0,016)	0,085*** (0,021)	1,163*** (0,362)	0,971*** (0,291)	0,595*** (0,123)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,001 (0,001)	-0,003** (0,001)	-0,006*** (0,002)	-0,073*** (0,023)	-0,061*** (0,018)	-0,032*** (0,007)
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Modelo	OLS	OLS	OLS	2SLS	2SLS	2SLS
Observaciones	1389	1389	1389	1389	1389	1389

Nota: desviación estándar en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001. Controles incluyen: Ln(distancia a Red Vial Nacional), número de hogares, número de personas, % de personas con español como lenguaje nativo. Aplicando el test de Hausman para endogeneidad, la hipótesis nula se rechaza al 5 % en todos los casos, validando el uso de variables instrumentales. Para los modelos (1) y (4): Chi-cuadrado(2)=67,223, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (2) y (5): Chi-cuadrado(2)=70,233, prob.>Chi-cuadrado=55,622. Para los modelos (3) y (6): Chi-cuadrado(2)=84,92, prob.>Chi-cuadrado=0,000.

Cuadro A5: Test de Hausman: educación secundaria

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	0,054*** (0,019)	0,069*** (0,019)	0,118*** (0,025)	1,145*** (0,337)	1,011*** (0,288)	0,69*** (0,114)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	-0,003** (0,001)	-0,004*** (0,001)	-0,008*** (0,002)	-0,072*** (0,021)	-0,064*** (0,018)	-0,04*** (0,007)
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Modelo	OLS	OLS	OLS	2SLS	2SLS	2SLS
Observaciones	1389	1389	1389	1389	1389	1389

Nota: desviación estándar en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001. Controles incluyen: Ln(distancia a Red Vial Nacional), número de hogares, número de personas, % de personas con español como lenguaje nativo. Aplicando el test de Hausman para endogeneidad, la hipótesis nula se rechaza al 5 % en todos los casos, validando el uso de variables instrumentales. Para los modelos (1) y (4): Chi-cuadrado(2)=85,697, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (2) y (5): Chi-cuadrado(2)=87,152, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (3) y (6): Chi-cuadrado(2)=95,153, prob.>Chi-cuadrado=0,000.

Cuadro A6: Test de Hausman: empleo

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque).	-0,028 (0,018)	-0,021 (0,018)	0,006 (0,024)	0,662*** (0,233)	0,601*** (0,209)	0,3*** (0,086)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires–Canchaque) ² .	0,003** (0,001)	0,002 (0,001)	0 (0,002)	-0,041*** (0,015)	-0,038*** (0,013)	-0,015*** (0,005)
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí	No	No	Sí
Modelo	OLS	OLS	OLS	2SLS	2SLS	2SLS
Observaciones	1389	1389	1389	1389	1389	1389

Nota: desviación estándar en paréntesis. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001. Controles incluyen: Ln(distancia a Red Vial Nacional), número de hogares, número de personas, % de personas con español como lenguaje nativo. Aplicando el test de Hausman para endogeneidad, la hipótesis nula se rechaza al 5 % en todos los casos, validando el uso de variables instrumentales. Para los modelos (1) y (4): Chi-cuadrado(2)=34,245, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (2) y (5): Chi-cuadrado(2)=32,782, prob.>Chi-cuadrado=0,000. Para los modelos (3) y (6): Chi-cuadrado(2)=24,951, prob.>Chi-cuadrado=12,983.

Anexo 3:*Tramos de carreteras concesionadas y no concesionadas utilizadas en el modelo PSM*

Tramo	Peaje	Concesionada	Departamento	Provincia	Distrito
1	Aguas Calientes	No	Cusco	Canchis	Marangani
2	Atico	No	Arequipa	Caravelí	Atico
3	Aguas Claras	IIRSA Norte	San Martín	Rioja	Pardo Miguel
4	Ayaviri	No	Puno	Melgar	Ayaviri
5	Cancas	No	Tumbes	Contralmirante Villar	Canoas de Punta Sal
6	Catac	No	Áncash	Recuay	Catac
7	Challhuapuquio	No	Junín	Chanchamayo	San Ramón
8	Caracoto	IIRSA Sur Tramo 5	Puno	Puno	Paucarcolla
9	Cuculi	No	Lambayeque	Chiclayo	Chongoyape
10	Casaracra	IIRSA Centro Tramo 2	Junín	Yauli	Paccha
11	Desvío Talara	No	Piura	Talara	Pariñas
12	Huacrapuquio	No	Junín	Huancayo	Huacrapuquio
13	Ccasacancha	IIRSA Sur Tramo 1	Cusco	Anta	Limatambo
14	Ilave	No	Puno	El Collao	Ilave
15	Lunahuaná	No	Lima	Cañete	Lunahuaná
16	Chicama	Autopista del Sol	La Libertad	Ascope	Chicama
17	Mocce	No	Lambayeque	Lambayeque	Lambayeque
18	Chilca	Red Vial N.º 6	Lima	Cañete	Chilca
19	Nazca	No	Ica	Nazca	Nazca
20	Chulucanas	IIRSA Norte	Piura	Morropón	Chulucanas
21	Pacra	No	Ica	Pisco	Huancano
22	Corcona	IIRSA Centro Tramo 2	Lima	Huarocharí	Santa Cruz de Cocachacra
23	Pozo Redondo	No	Tacna	Tacna	Sama
24	Cruce Bayóvar	Autopista del Sol	Piura	Piura	Piura
25	Punta Perdida	No	Puno	El Collao	Santa Rosa
26	Rumichaca	No	Ayacucho	Huamanga	Vinchos
27	Desvío Olmos	IIRSA Norte	Lambayeque	Lambayeque	Olmos
28	Saylla	No	Cusco	Quispicanchi	Cusipata
29	Sicuyani	No	Puno	Chucuito	Zepita
30	El Paraíso	Red Vial N.º 5	Lima	Huaura	Huacho
31	Socos	No	Ayacucho	Lucanas	Huac-Huas
32	Fortaleza	Red Vial N.º 4	Lima	Barranca	Paramonga
33	Tambogrande	No	Piura	Piura	Tambo Grande
34	Tunán	No	Lima	Barranca	Paramonga
35	Huarmey	Red Vial N.º 4	Áncash	Huarmey	Huarmey
36	Yauca	No	Arequipa	Caravelí	Yauca

Tramo	Peaje	Concesionada	Departamento	Provincia	Distrito
37	Ica	Red Vial N.º 6	Ica	Ica	Salas
38	Ilo	IIRSA Sur Tramo 5	Moquegua	Ilo	Ilo
39	Jahuay	Red Vial N.º 6	Ica	Chincha	Grocio Prado
40	Loma Larga	Empalme 1B–Buenos Aires–Canchaque	Piura	Huancabamba	San Miguel de El Faique
41	Marcona	IIRSA Sur Tramo 1	Ica	Nazca	Marcona
42	Matarani	IIRSA Sur Tramo 5	Arequipa	Islay	Islay
43	Mórrope	Autopista del Sol	Lambayeque	Lambayeque	Mórrope
44	Moyobamba	IIRSA Norte	San Martín	Moyobamba	Moyobamba
45	Pacanguilla	Autopista del Sol	La Libertad	Chepén	Pacanga
46	Paita	IIRSA Norte	Piura	Paita	Paita
47	Pampa Cuéllar	IIRSA Sur Tramo 5	Moquegua	Mariscal Nieto	Torata
48	Pampa Galera	IIRSA Sur Tramo 1	Ayacucho	Lucanas	Lucanas
49	Pampamarca	IIRSA Sur Tramo 1	Apurímac	Aimaraes	Cotaruse
50	Patahuasi	IIRSA Sur Tramo 5	Arequipa	Arequipa	Yura
51	Pedro Ruiz	IIRSA Norte	Amazonas	Bongará	Yambrasbamba
52	Pichirhua	IIRSA Sur Tramo 1	Apurímac	Abancay	Chacoche
53	Piura Sullana	Autopista del Sol	Piura	Sullana	Sullana
54	Pomahuaca	IIRSA Norte	Cajamarca	Jaén	Pomahuaca
55	Pongo	IIRSA Norte	San Martín	Lamas	Caynarachi
56	Quiulla	IIRSA Centro Tramo 2	Junín	Yauli	La Oroya
57	Santa Lucía	IIRSA Sur Tramo 5	Puno	Lampa	Santa Lucía
58	Uchumayo	IIRSA Sur Tramo 5	Arequipa	Arequipa	Uchumayo
59	Utcubamba (Bagua)	IIRSA Norte	Amazonas	Utcubamba	Bagua Grande
60	Variante de Pasamayo	Red Vial N.º 5	Lima	Lima	Ancón
61	Vesique	Red Vial N.º 4	Áncash	Santa	Samanco
62	Virú	Red Vial N.º 4	La Libertad	Virú	Virú
63	San Gabán	Intersur	Puno	Carabaya	San Gabán
64	Unión Progreso	Interoceánica 3	Madre de Dios	Tambopata	Inambari
65	Planchón	Interoceánica 3	Madre de Dios	Tambopata	Las Piedras
66	San Lorenzo	Interoceánica 3	Madre de Dios	Tahuamanu	Tahuamanu
67	Camaná	Covinca	Arequipa	Camaná	Camaná
68	El Fiscal	Covinca	Arequipa	Islay	Cocachacra

Tramo	Peaje	Concesionada	Departamento	Provincia	Distrito
69	Montalvo	Covinca	Moquegua	Mariscal Nieto	Moquegua
70	Tomasiri	Covinca	Tacna	Tacna	Alto de la Alianza
71	Serpentín de Pasamayo	Red Vial N.º 5	Lima	Lima	Ancón

Fuente: Ositrán; MTC

Elaboración propia

Evaluación de impacto de los proyectos de transporte y acceso a internet de banda ancha en Perú

Resumen

Este trabajo analiza el impacto de la implementación de los proyectos regionales de banda ancha impulsados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y entregados en concesión por ProInversión. Se demuestra, utilizando principalmente variables provenientes de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho), que las intervenciones tienen un impacto positivo y significativo sobre el bienestar de la población intervenida. Se aprovecha el hecho de que la decisión de política de instalación de banda ancha fue implementada en diferentes años para diferentes regiones y distritos. Esta variación en la gestión de la política a través del tiempo y espacio brinda un potencial instrumento para identificar el efecto causal de la intervención. Así, para controlar por heterogeneidad no observada invariante en el tiempo, se empleará datos de panel y se estima un modelo de variables instrumentales. Para enfrentar la falta de representatividad distrital de la Enaho y los posibles problemas de correlación serial, los errores estándar se agrupan a nivel de distrito utilizando la generalización de la matriz de covarianza robusta de White (1980). Los resultados muestran que proveer banda ancha incrementa la tasa de aprobación escolar entre 18 % y 33,2 %, aproximadamente. Asimismo, el ingreso total de hogar y el ingreso per cápita experimentan, en promedio, un incremento de entre 5,565 % y 5,746 %, respectivamente. Por último, se muestra que el porcentaje de personas que esperan horas para ser atendidos en un puesto de salud disminuye en 63,4 % y que el porcentaje de personas que esperan minutos se incrementa en 55 %.

Palabras clave: Telecomunicaciones, APP, Banda Ancha, Variables instrumentales.

Abstract

This paper analyzes the impact of the implementation of regional broadband projects promoted by the MTC and delivered in concession by ProInversión. It is demonstrated, using mainly variables from the National Household Survey (Enaho), that the interventions have a positive and significant impact on the well-being of the intervened population. It takes advantage of the fact that the broadband installation policy decision was implemented in different years for different regions and districts. This variation in policy management across time and space provides a potential instrument for identifying the causal effect of the intervention. Thus, to control unobserved time-invariant heterogeneity, panel data will be used, and an instrumental variable model will be estimated. To address the lack of district representativeness of the Enaho and possible serial correlation problems, standard errors are grouped at the district level using the generalization of White's (1980) robust covariance matrix. The results show that providing broadband increases the school pass rate between 18% and 33.2%, approximately. Likewise, total household income and per capita income experienced, on average, an increase of between 5.565% and 5.746%, respectively. Finally, it is shown that the percentage of people who wait hours to be attended to at a health post decreases by 63.4% and that the percentage of people who wait minutes increases by 55%.

Keywords: Telecommunications, PPP, Broadband, Instrumental Variables.

El autor del presente trabajo de investigación es José Luis Bonifaz Fernández. Este documento fue previamente publicado por Proinversión con los aportes derivados del proceso de revisión por pares, en el marco de la Red de Evaluación y Buenas Prácticas en APP (Red APP) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y está disponible en:

https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/1/JER/PROYECTOS_TRANSPORTE_INTERNET/Impacto-de-Proyectos-Transporte-Internet.pdf

* Los editores agradecen a Roxana Barrantes por sus valiosos comentarios y sugerencias.

1. Introducción

Si bien no existe una definición internacional clara de la banda ancha, la expresión suele referirse a la capacidad de transmitir por medios electrónicos grandes volúmenes de información para tecnologías y aplicaciones. Así, hace algunos años, todo lo que superaba la velocidad básica de la red digital de servicios integrados (RDSI), que ofrecía velocidades de hasta 144 kbit/s, se podía considerar de banda ancha. Durante los últimos años, con la lenta evolución de las redes de banda ancha basadas en tecnologías de línea de abonado digital (DSL) o módem de cable, velocidades de unos 250 kbit/s y superiores se solían considerar de banda ancha. La Recomendación Sectorial de Normalización I.113 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) define la banda ancha como una capacidad de transmisión superior a la de la RDSI primaria a 2 o 5 Mbps. Sin embargo, para asegurar una conexión de banda ancha, actualmente se recomienda optar por la fibra óptica, sin excluir otras formas disponibles actualmente, como internet vía radio, 4/5G e incluso satélite. Si estas velocidades se generalizan, la definición seguirá evolucionando (UIT, 2022).

En términos globales, la infraestructura de banda ancha se reconoce como un elemento fundamental para el crecimiento económico (OCDE, 2009; Reynolds, 2009). Asimismo, el despliegue de la banda ancha es uno de los principales objetivos políticos y estratégicos para el crecimiento de los países en la región. Con ello se busca incrementar la productividad de las economías y promover la creación de empleo. Asimismo, en nuestra región la banda ancha es un instrumento de colaboración para promover la inclusión social (Barrantes y Vargas, 2016).

En el Perú, la Ley N.º 29904 “Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica” se estableció como propósito del Estado de impulsar el desarrollo, utilización y masificación de la banda ancha en todo el territorio nacional (urbano y rural). Así, la Secretaría Técnica del Fondo de Inversiones en Telecomunicaciones (Fitel), del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), actualmente Pronatel, formuló 21 Proyectos Regionales de “Instalación de Banda Ancha para la conectividad y desarrollo social”³. Para el desarrollo de estos 21 proyectos regionales se desplegarán más de 30 000 kilómetros de redes de transporte de banda ancha basado en fibra óptica con alcance a nivel de capitales de distrito. Además, se incluye la implementación de una red de acceso inalámbrico para brindar acceso a internet e intranet a las localidades beneficiarias.

El alcance de estos proyectos comprende conectar a 1530 capitales de distrito (82 % de distritos del país), lo que implica más de 6620 localidades. La idea es beneficiar a alrededor de 4 millones de peruanos, 7348 instituciones educativas, 3735 establecimientos de salud y 566 dependencias policiales, que tendrán al menos una conexión de internet. Asimismo, podrán acceder a los servicios aquellos hogares, entidades privadas y otras instituciones públicas que estén dentro del área de influencia de los proyectos (Pronatel, 2022).

Este trabajo tiene por finalidad realizar el diagnóstico y la evaluación de impacto de los principales proyectos de transporte y acceso a internet de banda ancha mediante la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica hacia las regiones de su área de influencia. El tratamiento que se busca evaluar se implementa a través de esta nueva infraestructura en centros poblados de distritos o en capitales de distrito. Se aprovecha el hecho de que la decisión de política de instalación de banda ancha fue implementada en diferentes años para diferentes regiones y

³ Ver anexo 1.

distritos. Esta variación en la gestión de la política a través del tiempo y espacio brinda un potencial instrumento para identificar el efecto causal de la intervención.

Con relación al modelo econométrico a aplicar, siguiendo a Belo et al. (2013), Telefónica (2021) e Isley y Low (2022), para evitar sesgo por variable omitida o doble causalidad (tomando en consideración que el despliegue de fibra óptica suele tener una dependencia bidireccional con variables socioeconómicas), se plantea un modelo de mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas (MC2E) con efectos fijos para estimar datos de panel utilizando variables instrumentales.

Idealmente se requeriría comparar las métricas de las variables elegidas para evaluar el impacto al nivel de la misma unidad geográfica, es decir, centros poblados o capitales de distrito. Sin embargo, como se sabe, la base de datos utilizada (Enaho) no permite tal nivel de desagregación. Para enfrentar este problema se utiliza la matriz de covarianza robusta de White (1980), con el fin de obtener resultados robustos dado el problema de representación distrital de la Enaho.

Nuestros resultados muestran que proveer banda ancha incrementa la tasa de aprobación escolar entre 18 % y 33,2 %, aproximadamente. Asimismo, el ingreso total de hogar y el ingreso per cápita experimentan, en promedio, un incremento de entre 5,565 % y 5,746 %, respectivamente. Por último, se muestra que, el porcentaje de personas que esperan horas para ser atendidos en un puesto de salud disminuye en 63,4 % y que el porcentaje de personas que esperan minutos se incrementa en 55 %.

La estructura del documento es la siguiente: luego de esta introducción, en primer lugar, se muestran el marco institucional y las características principales de los proyectos regionales de banda ancha. Luego, se proporciona un alcance sobre los beneficios económicos de la banda ancha y una revisión de la literatura empírica. A continuación, se presenta el diseño metodológico y la estrategia econométrica para medir el impacto. Luego se presentan la data, las variables utilizadas y los resultados de la evaluación de impacto. Finalmente, se muestra una breve discusión de los resultados y algunas conclusiones y limitaciones del estudio.

2. Marco institucional

Existen 3 actores principales en el sector. En primer lugar, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) que es el ente rector en materia de telecomunicaciones en Perú. Se encarga de formular, ejecutar y supervisar las políticas nacionales en el sector, entre ellas, diseña y aplica las políticas y estrategias, promueve el desarrollo de los servicios de comunicaciones, el acceso universal a los mismos, fomenta la innovación tecnológica y vela por la asignación racional y eficiente de los recursos. En segundo lugar, el Organismo Supervisor de la Inversión Privada en Telecomunicaciones (Osiptel) regula y supervisa el mercado de telecomunicaciones, asegurando que las empresas operen de manera competitiva y transparente. Entre sus funciones destacan la supervisión y regulación de tarifas, resolución de conflictos entre operadores y entre operadores y usuarios, monitoreo de la calidad del servicio y la promoción de la competencia y prevención de prácticas anticompetitivas. En tercer lugar, la Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversión), por encargo de Fitel (ahora Pronatel), es el ente encargado de seleccionar a las empresas nacionales o extranjeras, o consorcios, que se adjudican recursos provenientes del Fitel en forma de financiamiento no reembolsable, para ejecutar los proyectos regionales “Instalación de Banda Ancha para la conectividad y desarrollo social”.

El servicio de acceso a internet de banda ancha se encuadra dentro del marco normativo general de los servicios de telecomunicaciones, y está regulado por las normas que se aprecian en el anexo 2. Así, de acuerdo con la clasificación de los servicios de telecomunicaciones,

establecida en el Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones, el servicio de acceso a internet está considerado como un servicio público de valor añadido.

En ese sentido, el Estado peruano se ha fijado como meta, incrementar sustancialmente el acceso a internet y desarrollar la banda ancha en el Perú. Para esto, de acuerdo con lo establecido en la Ley de

Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica⁴, el Pronatel ha formulado y viene financiando 21 proyectos regionales⁵ para el despliegue de redes de transporte y de acceso a internet que permitan brindar conectividad distrital a las localidades beneficiarias.

Por otro lado, en el servicio de acceso a internet no existe regulación de las tarifas minoristas, solo existe regulación en el mercado mayorista, habiendo establecido tarifas “tope” para la red del incumbente. De otro lado, con respecto a la regulación de la calidad, se cuenta con el Reglamento de Calidad de los Servicios de Telecomunicaciones⁶, el cual, en lo que se refiere al acceso a internet, establece la obligatoriedad de que las empresas cuenten en sus páginas web con herramientas que permitan medir la velocidad, de bajada y subida, de su conexión a internet.

Asimismo, es pertinente indicar que la Ley N.º 29904 señala que la velocidad mínima para el acceso a internet de banda ancha debe ser determinada y actualizada periódicamente por el MTC, que determina cuando una conexión es considerada como acceso a internet de banda ancha, con independencia de la ubicación geográfica de los usuarios.

2.1. Breve diagnóstico de los proyectos regionales de transporte y acceso a internet de banda ancha

Los proyectos regionales se basan en el Plan Nacional para el Desarrollo de la Banda Ancha en el Perú, en la Ley N.º 29904, Ley de promoción de la banda ancha y construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica y su reglamento. Mediante esta estrategia, el Estado tiene como objetivo reducir la brecha de cobertura y acceso, la primera mediante el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones (fibra óptica, radioenlaces) y la segunda, a través de la prestación de servicios de telecomunicaciones (acceso a internet). En ese marco, se realizaron procesos de adjudicación para la instalación de ambas redes, así como la operación y mantenimiento de las redes de acceso, resultando como adjudicatarias las empresas Gilat Networks Perú, Telefónica del Perú, América Móvil Perú, Bandtel, Orocom y YOFC Perú⁷.

En el gráfico 1 se observan las redes desplegadas. Estas tienen dos componentes: una red de transporte, denominada también red regional, soportada por fibra óptica y que permite cursar el tráfico de la red de acceso desde o hacia las capitales de distrito de la región, y una red de acceso que presta servicios públicos de telecomunicaciones, finales o de valor añadido, a la población de los centros poblados beneficiarios, en particular, acceso a internet y acceso a intranet a instituciones públicas como locales escolares, establecimientos de salud y dependencias policiales (Pronatel, 2022).

⁴ Ley 29904, Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica.

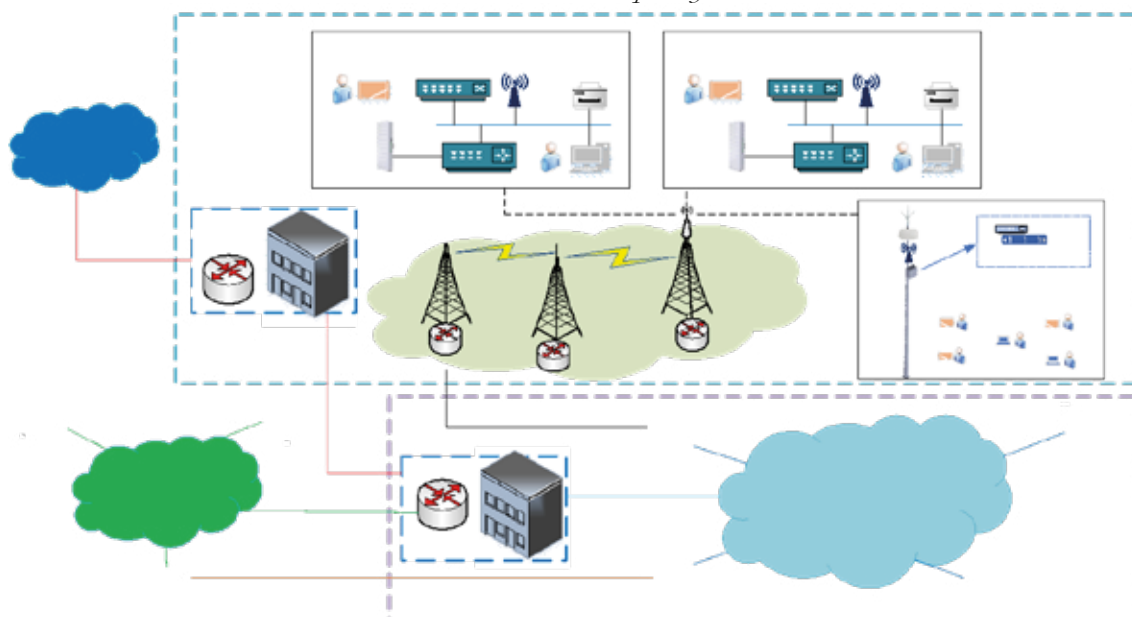
⁵ En principio, los proyectos regionales se formularon para 21 regiones; no obstante, los proyectos para las regiones de Tumbes, Piura y Cajamarca se encuentran en proceso de reformulación. Ver anexo 1.

⁶ Aprobado con Resolución de Consejo Directivo N.º 040-2005-CD/OSIPTEL.

⁷ Informe N.º 111-DPRC-OSIPTEL/2023

Gráfico 1

*Proyecto Regional de Banda Ancha
Conexión de la red de transporte y red de acceso*

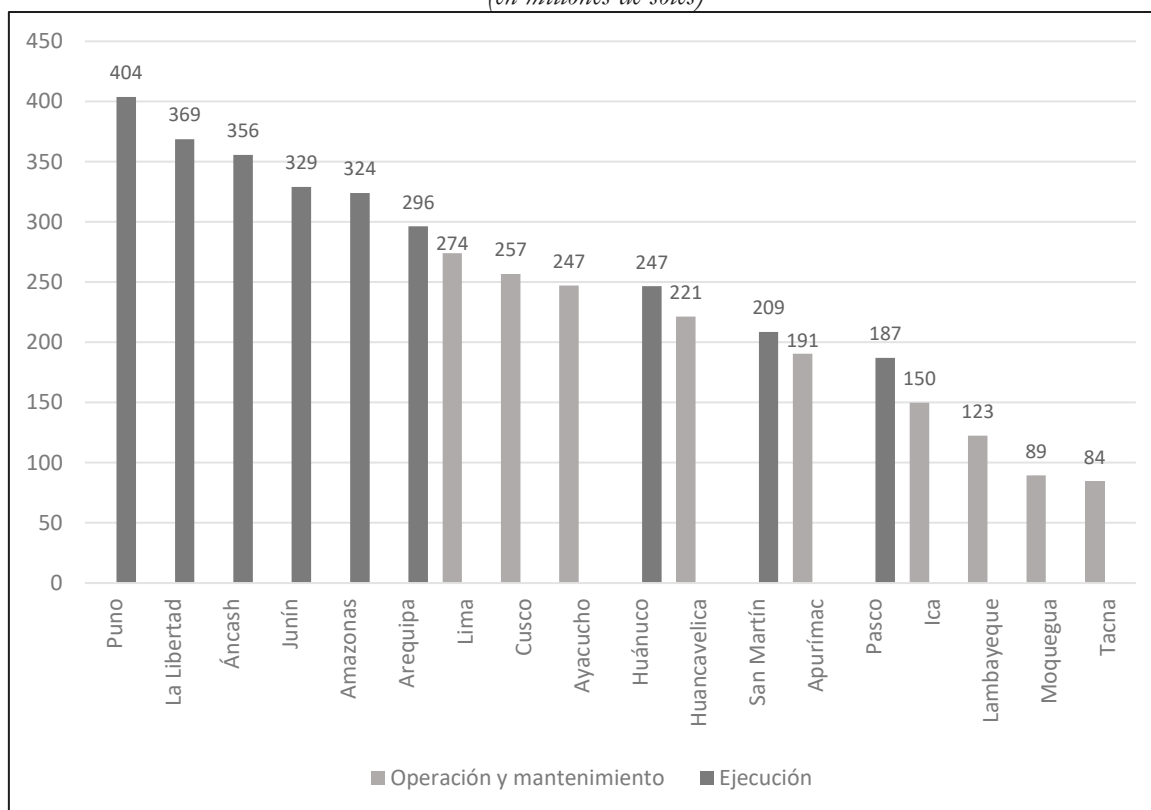


Fuente: Pronatel (2022)

En la actualidad, 9 proyectos regionales vienen prestando servicios públicos de telecomunicaciones en las regiones de Lambayeque, Lima provincias, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Cusco, Ica, Tacna y Moquegua⁸. En el gráfico 2 se observan los montos de inversión de los 18 proyectos, de los cuales 9 están en ejecución y 9 en operación. Los proyectos que han requerido mayor inversión son los que se localizan en Puno, La Libertad, Áncash, Junín y Amazonas; estos se encuentran en estado de ejecución y concentran aproximadamente un 41 % de la inversión total (Pronatel, 2022).

⁸ Ver en anexo 1 la lista y características de todos los proyectos.

Gráfico 2
Monto de inversión según estado de los proyectos y región
(en millones de soles)



Fuente: Pronatel
Elaboración propia

Además, los proyectos en estado de operación y mantenimiento comprenden una inversión de S/ 1636,4 millones. Mientras que, los proyectos en estado de ejecución acumulan un monto de inversión de S/ 2719,9 millones, esto es un 62,44 % de la inversión total de todos los proyectos regionales⁹. Asimismo, la inversión per cápita promedio de los proyectos es de S/ 1519. El proyecto ubicado en Tacna es en el que más se ha invertido por beneficiario (S/ 2123); mientras que el de Lambayeque presenta la menor inversión, S/ 441 por beneficiario.

2.2. Centros de Acceso Digital, los Espacios Públicos de Acceso Digital y cartera de proyectos para su transferencia al sector privado

Los Centros de Acceso Digital (CAD) son ambientes habilitados con equipos tecnológicos, como computadoras, que permiten brindar el servicio de internet libre de pago y el servicio de capacitación en uso de las tecnologías de información. A la fecha, Pronatel cuenta con 104 CAD implementados, a través de los cuales se brinda el servicio de internet dedicado de 20 Mbps (Pronatel, 2022).

⁹ No incluye a los proyectos que se encuentran paralizados.

Esta estrategia de intervención permite abordar dos de los componentes identificados como indispensables en la implementación de un proyecto de tecnología de la información, acceso y uso, a través de los servicios prestados (acceso a internet y capacitación) libres de pago. Según Pronatel (2022), de las 25 584 atenciones a usuarios CAD, el 91,5 % (23 406) corresponde a atenciones del servicio de acceso a internet, en tanto que el 8,5 % restante (2178), a atenciones del servicio de orientación en trámites públicos. En lo que respecta al servicio de capacitación sobre habilidades digitales, se destaca la baja deserción, siendo la máxima en la región Lima con 8,15 %, lo que indica el alto grado de interés de los usuarios por los cursos brindados a través del CAD.

Por otro lado, los Espacios Públicos de Accesos Digital (EPAD) son espacios públicos ubicados en los centros poblados beneficiarios como una plaza o un parque, en los cuales la población puede acceder al servicio de acceso a internet de manera libre y gratuita, a través de sus propios terminales (smartphone, tabletas, etc.), gracias a la instalación de puntos inalámbricos, los cuales son operados por la empresa concesionaria que se adjudicó la buena pro respectiva. Esta estrategia de intervención, de manera similar a los CAD, permite coadyuvar a la reducción de brecha en lo que se refiere a acceso y uso.

A la fecha, Pronatel cuenta con 223 centros poblados de las regiones de Apurímac, Ayacucho, Cusco y Huancavelica, los que se vienen beneficiando con los EPAD, de acuerdo con el siguiente detalle: 64 en Ayacucho, 34 en Cusco, 65 en Apurímac y 60 en Huancavelica, todos ellos implementados en el marco de lo dispuesto en el Decreto de Urgencia N.º 014-2021. Adicionalmente, se tienen 362 EPAD implementados en las regiones de Cusco y Lima y 118 EPAD operativos en las regiones de Tacna y Moquegua, proyectándose que 3063 EPAD serán próximamente implementados.

Desde el mes de diciembre de 2021 hasta mayo de 2022, en los EPAD que se encuentran operativos, los usuarios han accedido principalmente a redes sociales (especialmente video), servicios OTT (streaming), servicios Google, aplicativos de reuniones, VoIP y descarga/transferencia de archivos.

Por otro lado, al mes de septiembre de 2022, Pronatel cuenta en cartera con 5 proyectos de inversión con modificaciones realizadas en fase de ejecución. De los 5 proyectos, 3 son proyectos regionales, cuyos contratos de financiamiento fueron resueltos en el 2019, a causa de incumplimiento contractual por parte de la empresa concesionaria a cargo de su implementación, y corresponden a los departamentos de Cajamarca, Piura y Tumbes, en tanto que los 2 restantes, corresponden a los proyectos a ser implementados en la región Loreto¹⁰ (Pronatel, 2022).

La futura implementación de estos 5 proyectos permitirá que 2077 nuevos centros poblados rurales y 3364 instituciones públicas (locales escolares, establecimientos de salud y dependencias policiales) cuenten con los servicios de conectividad digital. Además, coadyuvará al cierre de brechas en acceso y uso, debido a que también se implementarán 45 CAD y 133 EPAD. La inversión que se requerirá se estima en USD 534 millones (Pronatel, 2022).

¹⁰ “Creación de una Red de Comunicaciones para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de las localidades de las cuencas de los ríos Napo-Putumayo y de las cuencas de los ríos Huallaga, Marañón y Amazonas en el Tramo Yurimaguas-Iquitos, Loreto” (Proyecto Napo-Putumayo) y “Creación de una Red de Comunicaciones para la Conectividad Integral y Desarrollo Social del distrito de Manseriche –provincia Datem del Marañón– Loreto” (Proyecto Manseriche).

2.3. Características técnicas de la red de acceso

El objetivo de esta red es brindar acceso a internet e intranet en las localidades beneficiarias a través de la implementación de una red terrestre de banda ancha que cumpla con las condiciones de calidad y disponibilidad establecidas en el contrato.

Las obligaciones del concesionario son las siguientes:

- Atender la demanda de acceso a internet y de acceso a intranet de personas naturales o jurídicas, públicas o privadas en las localidades beneficiarias. Esto implica una demanda por un mayor número de conexiones y/o por mayores velocidades de transmisión requeridas.
- Entregar gratuitamente e instalar un módulo de acceso a cada institución (posta de salud, colegio o comisaría) que incluya todos aquellos equipos que garanticen la conectividad al sistema de comunicaciones.
- Implementar en cada una de las instituciones un CPE¹¹ con dos puertos, un puerto que será conectado al *switch* de comunicaciones para el acceso a internet e intranet de las computadoras y un segundo puerto destinado para conexiones de equipos de videoconferencia.
- Proveer, instalar, operar y mantener la infraestructura y el equipamiento necesarios para brindar acceso a internet libre de pago vía wifi en la plaza principal de cada una de las localidades beneficiarias que tengan menos de 1000 habitantes, con un alcance no menor al tamaño de dicha plaza.
- Este acceso debe estar disponible como mínimo 16 horas al día, en el horario de 6:00 a. m. a 10:00 p. m., y podrá ser utilizado por un dispositivo, restringiéndose a 2 horas de navegación acumuladas diarias, continuas o alternadas. En aquellas localidades donde el Fitel (ahora Pronatel) identifique una alta demanda de tráfico de acceso a internet (entendido como un consumo superior al 80 % de la capacidad del enlace, medido en la hora de mayor tráfico, y con un comportamiento sostenido en un periodo superior a 3 meses, descartando eventos atípicos) podrá solicitar al concesionario un aumento hasta del 50 % de la capacidad del enlace aplicable para el año bajo análisis y años subsecuentes.
- Brindar a las instituciones acceso a internet con las siguientes características técnicas mínimas:
 - 40 % de velocidad garantizada de bajada y de subida, respecto de la velocidad nominal.
 - Relación entre la velocidad de transmisión de bajada (velocidad de descarga) y la velocidad de transmisión de subida de 4 a 1.
 - Acceso *full* dúplex.

El concesionario debe ofrecer servicios de capacitación con el objetivo de incentivar la adopción y uso de las tecnologías de información a través de la plataforma implementada por el proyecto. Así, deberá brindar la capacitación por localidad como mínimo a 30 personas, que incluye a personal de las instituciones por cada localidad beneficiaria. La capacitación consiste en los siguientes tópicos:

¹¹ CPE (Customer Premises Equipment) es el equipo o dispositivo de conexión o interfaz que permite al dispositivo terminal acceder a la red de acceso para utilizar los servicios contratados.

- Ofimática –nivel básico.
- Conoce el manejo básico de una computadora.
- Produce documentos de trabajo haciendo uso del procesador de textos Microsoft Word, Excel y Power Point.
- Emprendimiento-Motivación para Gestores.
- Realiza el uso de herramientas virtuales, entendiendo las ventajas que estas ofrecen.
- Dispone de herramientas para emprendimiento.
- Utiliza el sistema en línea (sitios web y/o aplicaciones móviles) para realizar operaciones bancarias.

Finalmente, el concesionario deberá llevar a cabo actividades de sensibilización en cada una de las localidades beneficiarias y en cada capital de provincia, en dos etapas: lanzamiento y mantenimiento. Se realizarán talleres y reuniones con autoridades y población en general para informar aspectos básicos del proyecto. Lo anterior se viabiliza a través de los CAD y los EPAD.

Estos elementos garantizarían el acceso adecuado a las tecnologías de información.

3. Marco teórico

3.1. Beneficios macroeconómicos del internet de banda ancha

La contribución de la banda ancha al desarrollo de las naciones se ha evaluado desde la óptica económica y social a través de su impacto en diferentes variables, como la generación de empleo, el crecimiento del PIB, la inclusión social y el mejoramiento de calidad de vida, entre otros. Esta amplia gama de impactos se debe al carácter transversal que tiene el servicio de internet de banda ancha sobre los sistemas productivos y sobre la sociedad en general. En la actualidad, el acceso y la calidad de las conexiones a internet son indispensables para el óptimo funcionamiento del sistema productivo y para la competitividad en los diferentes mercados. Constituyen, a la vez, un elemento clave en el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos.

Según la Cepal (2013) los impactos de la banda ancha se pueden distribuir en dos grandes grupos: el primero, relacionado con los impactos en la economía agregada de un país, contempla: i) el crecimiento del PIB; ii) la generación de empleos y; iii) el aumento en el ingreso de las familias. Este efecto se deriva de la construcción y despliegue de redes, proceso que genera empleos e impulsa la demanda agregada, además de ser la base para el desarrollo tecnológico en un país. Sin este elemento es imposible conectar a todos los ciudadanos y más aún mostrar evidencia de la importancia de la tecnología en su diario vivir.

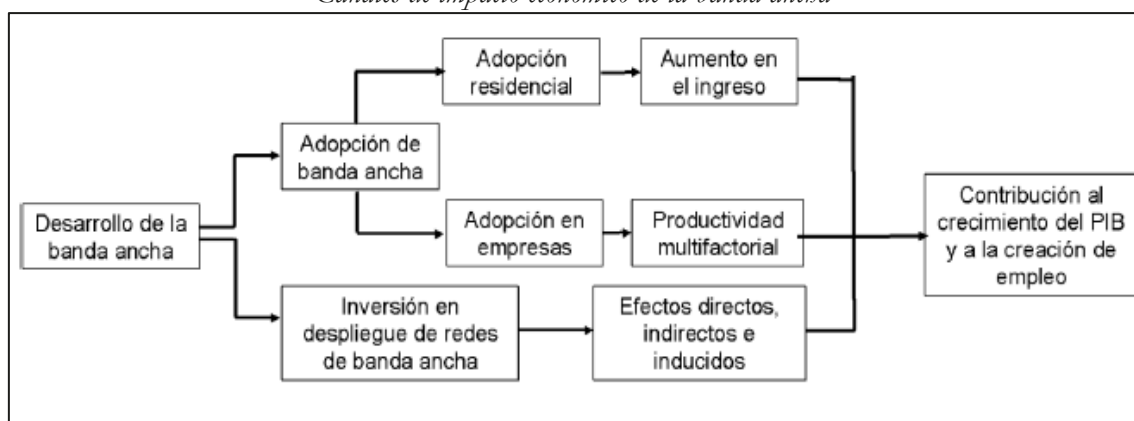
El segundo, relacionado con la utilización de la banda ancha por la población y los impactos que esto puede generar, contempla: i) el acceso a aplicaciones, servicios y contenidos que traen beneficios positivos en la construcción de conocimiento y; ii) el bienestar en una sociedad. Este segundo efecto, sobre individuos y hogares, se refiere a las externalidades positivas (efecto “derrame”) que genera la banda ancha en la ciudadanía. El uso de la banda ancha desemboca en un aumento de productividad generalizable a todos los procesos productivos. Adicionalmente, la banda ancha podría aumentar los ingresos de las familias, facilitar procesos productivos, permitir el acceso a conocimiento, entretenimiento y capacitación, entre muchos otros beneficios y servicios que se pueden prestar por este medio.

En el caso de salud, herramientas como la telemedicina, donde el uso de las TIC en zonas rurales y alejadas puede lograr que sus habitantes sean atendidos por un médico sin necesidad de que se traslade hasta su lugar de residencia, podría tener un impacto en la calidad de vida de las personas.

Para estimar el impacto económico de las redes de banda ancha, conviene comprender como este se materializa, lo que se ilustra en el gráfico siguiente:

Gráfico 3

Canales de impacto económico de la banda ancha



Fuente: Katz (2022)

Según Katz et al. (2022), el despliegue de redes de banda ancha genera impacto económico de acuerdo con tres canales: (i) efectos directos, indirectos e inducidos asociados a la inversión para su despliegue, (ii) el aumento en el ingreso de hogares y (iii) el incremento de la productividad multifactorial en empresas. Estos tres efectos generan el correspondiente impacto en el Producto Bruto Interno (PBI).

El proceso de construcción de las redes de banda ancha genera impacto económico directo a través de tres procesos. En primer lugar, la construcción requiere de inversión de capital para la adquisición de insumos intermedios, y de la contratación de personal. En segundo lugar, se generarán efectos económicos indirectos, a través de la adquisición de insumos de los sectores que proveen materiales para la construcción de redes. Por último, el mayor ingreso de los hogares generado por los efectos directos e indirectos impulsa un mayor gasto de las familias, llamados efectos económicos inducidos. Estos tres efectos (directos, indirectos e inducidos) son agrupados en lo que se denomina el “efecto de construcción”, el cual ocurre en el corto plazo.

Adicionalmente, una vez desplegadas, las redes de banda ancha generan efectos de oferta. Los efectos de oferta se presentan a nivel del hogar, por el incremento en el ingreso promedio del hogar producto de una mejor comunicación y acceso a los mercados. Estos se incrementan debido a una serie de canales potenciales (Katz et al., 2022):

- Mejora de búsqueda laboral, mediante el acceso a plataformas de oferta laboral.
- Mejora la capacidad de señalización en el mercado de trabajo mediante la difusión de hojas de vida.
- Permite el acceso a capacitación *online*.
- Ayuda a reducir los tiempos de búsqueda de trabajo.

El segundo efecto de oferta se presenta a nivel de la empresa. Así, poseer banda ancha reduce el costo de adquisición de insumos, el costo de operaciones a partir de un mejor aprovechamiento de la mano de obra y eficiencia en el mantenimiento de cadenas productivas, y una mejor cobertura de mercados a partir de canales virtuales. Estos efectos generan un aumento en la productividad.

Los tres canales de impacto económico de la banda ancha pueden ser estimados a partir de su contribución al PBI. Sin embargo, en este trabajo no estimamos los impactos de la banda ancha sobre el crecimiento. Más bien, como se explica en las siguientes secciones, nos concentraremos en el impacto sobre variables microeconómicas.

3.2. Beneficios microeconómicos del internet de banda ancha

El impacto del servicio de banda ancha en el ámbito social y económico sobre diversas variables ha sido abordado por varios investigadores. Los autores de estos estudios concluyen que la banda ancha produce efectos positivos significativos en varios factores sociales y económicos, como el fomento de la creación de nuevos negocios y el aumento de los ingresos de los hogares.

Algunos autores han definido el estudio de la disponibilidad de banda ancha en regiones rurales como esenciales, ya que la falta de igualdad de disponibilidad en todas las partes de una región limita las posibilidades de crecimiento y desarrollo territorial. Entre los factores que explican esta diferencia están el costo de despliegue asociado a la dispersión geográfica, topografía, etc.

Conceptualmente, los beneficios del uso de TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), se presentan a través de la facilidad para acceder a información y conocimiento. En tal sentido, las TIC, serían una potencial herramienta para minimizar las asimetrías de información y para reducir costos de transacción. La reducción de las fallas de mercado permitiría ganancias en productividad que desembocarían en mayores ingresos.

En esta línea, Gi-Soon (2005), esboza un modelo conceptual en el que desarrolla la cadena de transmisión entre el acceso y uso a servicios de internet y las mejoras económicas y sociales en el hogar. Básicamente su modelo plantea que el acceso y uso de internet permite la toma de mejores decisiones (o decisiones más informadas), a través de la reducción en los costos de transacción y de la incertidumbre, derivados del acceso a más y mejor información, y de los ahorros de costos y de tiempo para acceder a la misma.

Luego, estas mejores decisiones en el campo económico generan ganancias en eficiencia, productividad y una mayor diversificación, que se traducen en mejores compras, ventas y/o expansión de mercado. Por otro lado, en el campo social, las mejores decisiones permitirían una mejor provisión de servicios sociales, fortalecimiento de redes sociales y de seguridad, empoderamiento, descentralización, participación e integración. Estos beneficios tanto económicos como sociales, permitirían mejoras en el bienestar del hogar (De los Ríos, 2010).

Esta sección describe los mecanismos de transmisión para los tres indicadores propuestos afectados por la banda ancha. Estos tres indicadores son empleo e ingreso, salud y educación.

3.2.1. Empleo e ingreso

Es importante ampliar el análisis a las micro y pequeñas empresas para obtener resultados que puedan ser representativos de la magnitud del valor social generado por la banda ancha. Por esta razón, varios estudios han optado por analizar el impacto de la banda ancha sobre variables socioeconómicas, como el empleo e ingresos.

El impacto del despliegue de la banda ancha en los niveles de empleo ha sido objeto de estudio en los últimos años en el ámbito económico y en literatura. Algunos autores han encontrado que la banda ancha podría tener un impacto positivo en la generación de empleo. Sin embargo, existen dificultades a la hora de medir con precisión la causalidad ya que hay cuatro impactos diferentes o repercusiones, que se describen a continuación.

En primer lugar, una mayor penetración de la banda ancha puede aumentar la productividad y eficiencia de los procesos. Esto puede conducir a una reducción de puestos de trabajo. En segundo lugar, el servicio de banda ancha contribuye a una mayor innovación y la creación de nuevos modelos de negocio, que puedan generar nuevos trabajos. En tercer lugar, puede haber un efecto de “externalización” de ciertas funciones empresariales, que pueden dar lugar a la creación de empleo a partir de la creación de empresas de subcontratación o pérdida de empleo si las funciones se transfieren a otras áreas geográficas. Cuarto, el trabajo de implementación de infraestructura de banda ancha puede tener un impacto positivo en el empleo en la construcción y los sectores manufacturero, particularmente si la contratación local ocurre. Los primeros tres son parte del impacto indirecto, correspondiente a mediano y largo plazos, mientras que el último es un impacto directo y de corto plazo.

Respecto a las regiones rurales, algunos autores han obtenido resultados que nos permiten afirmar que el despliegue de banda ancha sí puede generar un impacto positivo en el crecimiento económico, destacando una reducción del desempleo y un aumento del promedio de ingresos del hogar. Esto se debe principalmente a un aumento en el número de nuevas empresas y la reducción del número de empresas que desaparecen. Esto ocurre porque la banda ancha ayuda a superar dificultades geográficas. Sin embargo, en las regiones rurales puede ser que la mejora en la eficiencia de los procesos de una empresa genere una reducción en empleo en la zona, lo que lleva a una erosión del mercado y servicios locales (Telefónica, 2021).

Además, como se analizó anteriormente, proporcionar servicios de banda ancha a regiones rurales puede llevar a una reubicación del empleo a las zonas urbanas. De hecho, algunos estudios afirman que la banda ancha aumenta el empleo en municipios alejados del centro de la región, pero no lo hace en municipios cercanos a centros regionales. En cualquier caso, la banda ancha puede ayudar a mantener la actividad de empresas que podrían desaparecer sin este servicio, como consecuencia de un aumento del desempleo.

Por otro lado, en lo que respecta a empleo, un incremento de un punto porcentual en la cantidad de conexiones de banda ancha está asociado a cerca de 300 000 trabajos adicionales en Estados Unidos (Crandall, Lehr & Litan, 2007). Por su parte, Katz (2009) estima que un incremento del 10 % en la penetración de la banda ancha puede tener impactos positivos en el desempleo de Colombia, disminuyéndolo en 0,033 %. Al invertir en banda ancha en una de dos ciudades adyacentes en Estados Unidos, la ciudad en la que no se invierte atrae solo 9 nuevas compañías, mientras la ciudad en la que sí, atrae 140, lo que genera 4250 empleos adicionales.

Por su parte, en Perú se ha encontrado que quienes adoptan el uso del internet tienen un crecimiento de sus ingresos laborales de un 19 % mayor a quienes no (De los Ríos, 2010). A la hora de pensar en diferencias entre población rural y urbana, en este país, luego de adoptar el internet, el cambio en ingresos laborales (en términos relativos) es del 13 % para los hogares urbanos, frente a un 20 % de los hogares rurales (De los Ríos, 2010). Todas estas diferencias se pueden dar por caminos diversos como círculos virtuosos, en los que, con una mejora en productividad gracias a la tecnología, aumentan los ingresos de las personas. Esto se traduce en aumentos en la demanda de servicios TIC, lo cual puede aumentar la penetración de servicios que, consecuentemente, se traduce en un mayor nivel de productividad y de rentas.

3.2.2. Salud y educación

En el Perú, el Plan Nacional de Telesalud¹² establece un marco normativo relacionado con aspectos de telesalud. Dentro de ellos establece las aplicaciones en teleconsulta, telemonitoreo, telediagnóstico, telepediatría, telecardiología, telecirugía, telepsiquiatría y teleimagenología.

Los impactos sobre la salud tienen que ver con la disminución de los tiempos entre las citas, la prestación de los servicios de salud, la gestión de los servicios de salud, la información, educación y comunicación a la población sobre los servicios de salud y el fortalecimiento de capacidades al personal de salud. La telemedicina en particular, donde el uso de las TIC en zonas rurales y alejadas puede lograr que sus habitantes sean atendidos por un médico sin necesidad del traslado del mismo hasta el lugar de residencia, podría tener un impacto en la calidad de vida de las personas. Sin embargo, la telesalud todavía no presenta un grado de desarrollo adecuado en el Perú.

De igual forma, los impactos en educación podrían llegar a ser muy significativos, ya que el acceso a la información cada vez es mejor, más diverso y de fácil acceso. La población puede desarrollar nuevas habilidades, aplicaciones y contenidos que pueden tener impactos en su conocimiento y productividad a través de internet. Esto puede evidenciarse en el aumento de las capacidades y de la preparación de las personas atribuido al uso de blogs y wikis (Johnson, Manyika y Yee, 2005).

En concordancia con estos estudios, Ericsson (2013) argumenta que podrían existir otros posibles efectos de “derrame” en las relaciones sociales, incluyendo aspectos de educación, salud y mejora de la calidad de vida. En los Estados Unidos, las mejoras de productividad en el sistema de salud en el 2005, debido al uso de banda ancha, se estiman en un valor de USD 6900 millones.

Así, la finalidad última de la mejora en penetración y calidad de banda ancha será siempre la mejora de calidad de vida de la población. El servicio por sí mismo no hace una diferencia en las vidas de las personas, la diferencia es clara cuando lo usan combinado con herramientas que facilitan las tareas diarias y aumentan la productividad, generando un impacto positivo en sus ingresos. En muchos casos, el contar con mejores prestaciones en el servicio de internet estimula la adopción y apropiación de estas herramientas. Se presenta, en el cuadro siguiente, un resumen de los canales de transmisión de internet.

¹² Aprobado mediante Resolución Ministerial N.º 1010-2020-MINSA.

Tabla 1
Canales de transmisión de los beneficios del internet

Educación	• Red de aprendizaje y de gestión social del conocimiento. • Portales educativos más allá de las fronteras del aula y de la educación formal (ej. bibliotecas digitales, presentación audiovisual, programas de aprendizaje a distancia). • Aumenta el dominio de nuevas tecnologías.
Seguridad	• Acceso a cinco importantes sistemas virtuales de información para consultas: requisitorias de personas y vehículos, antecedentes policiales, sistema de registros de faltas, consultas de licencias de armas y consulta a la base de datos del Reniec.
Salud	• La Ley Marco de Telesalud fue modificada por el Decreto Legislativo (D. L.) N.º 1303 (en diciembre del 2016) y amplía el concepto de la telesalud, definiéndola como el "... servicio de salud a distancia prestado por personal de salud competente, a través de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación – TIC, para lograr que estos servicios y sus relacionados, sean accesibles principalmente a los usuarios en áreas rurales o con limitada capacidad resolutive. • Este servicio se efectúa considerando los siguientes ejes de desarrollo de la telesalud: la prestación de los servicios de salud; la gestión de los servicios de salud; la información, educación y comunicación a la población sobre los servicios de salud; y el fortalecimiento de capacidades al personal de salud, entre otros".
Ingresos/empleo	
a) Rentabilidad	• Mejor información sobre los precios y otras condiciones de mercado.
b) Eficiencia técnica	• Mejorar el acceso a la información y la pericia en métodos de producción efectivos tradicionales y modernos.
c) Acceso a más mercados	• Contactos más fáciles entre compradores y proveedores. • Comercialización <i>online</i>. • Información sobre procedimientos de exportación.
d) Inclusión social	• Crece el poder de negociación (mejora y aumenta los canales de comunicación).

Elaboración: GPRC-Osiptel

3.3. Literatura empírica

En general, se puede afirmar que expandir y mejorar la tecnología de internet de banda ancha impacta positivamente sobre la economía, la sociedad y el ambiente. La banda ancha estimula la economía a través de su impacto sobre la productividad, ya que la productividad aumenta la competitividad, lo cual impulsa el crecimiento del PBI (Ericsson et al., 2011). A continuación, se describen los principales hallazgos de la literatura internacional y regional, con relación al impacto de la banda ancha sobre diversas variables económicas.

En Italia, Canzian et al. (2019) emplearon un enfoque de diferencias en diferencias para identificar el efecto causal del acceso a banda ancha avanzada (hasta 20 Mbps de descarga y 1 Mbps de subida) sobre el rendimiento de las empresas en zonas rurales. Utilizando datos longitudinales sobre los balances anuales de las empresas, encontraron que el incremento de la velocidad del internet tuvo efectos positivos significativos sobre el crecimiento anual de los ingresos y la productividad total de factores de las empresas. Si bien el impacto es positivo para ambas variables de resultado, las ganancias son decrecientes con respecto a los ingresos, pero aumentan linealmente con la duración de la exposición para la productividad. Para los ingresos, los coeficientes estimados indicaron un aumento promedio de 2,33 %; mientras que, para la productividad total de factores se estimó un incremento de 1,41% por cada 100

días de exposición a la nueva tecnología. Por otro lado, no encuentran cambios significativos en los costos del personal, el empleo o el número total de empresas activas.

Asimismo, Belo et al. (2013) examinaron los efectos de la provisión de banda ancha a las escuelas sobre el desempeño de los alumnos de escuelas de enseñanza media en Portugal. Para controlar por efectos no observados relacionados a las escuelas y el tiempo, emplearon una especificación de primeras diferencias con variable instrumental. Como instrumento para la calidad de la banda ancha utilizaron la distancia entre la escuela de enseñanza media y la oficina central de Portugal Telecom (empresa de telecomunicaciones). Los resultados asociaron el acceso irrestricto a internet con una reducción en las notas de 0,78 de una desviación estándar; mientras que, los alumnos de las escuelas que bloquearon el acceso a YouTube mostraron un mejor desempeño.

En Australia se llevó a cabo el programa gubernamental “Red Nacional de Banda Ancha” bajo el objetivo de proporcionar acceso a banda ancha de alta velocidad (HSB) de forma asequible a toda la población. A través de un análisis cualitativo, Rampersand y Troshani (2018) constataron que la implementación de HSB facilitó que los negocios ofrezcan nuevos productos y servicios a los clientes (como las reservas virtuales en el sector hotelero), incrementó el alcance de los negocios, facilitó la comunicación entre socios, agilizó las operaciones e incrementó el rendimiento global de la empresa.

Asimismo, una mejor tecnología de banda ancha también se asocia con la promoción del empleo. Este impacto se da a través de distintos mecanismos. El más directo y en el corto plazo, es que la construcción de infraestructura y banda ancha va a requerir de empleos en los sectores de construcción, telecomunicaciones y electricidad. En el largo plazo, se crean empleos relacionados al mantenimiento e innovación de esta tecnología (Ericsson et al., 2011).

En España, con el objetivo de resaltar la importancia del despliegue de la banda ancha, Telefónica (2021) realizó un estudio del impacto socioeconómico del internet de banda ancha de alta velocidad sobre variables socioeconómicas en las áreas rurales de España. Tomando en consideración que el despliegue de fibra óptica (máxima cobertura FT*TH) suele tener una dependencia bidireccional con variables socioeconómicas (creación de empresas, tasa de desempleo e ingresos), optaron por un modelo de mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas con efectos fijos para estimar datos de panel utilizando variables instrumentales. Como instrumento para la variable de despliegue de fibra utilizaron el porcentaje de población en zonas blancas de cada municipio¹³. Se encuentran resultados positivos sobre el empleo, el número de negocios y los ingresos. En específico, incrementar el alcance de la fibra óptica en 1 punto porcentual se asocia con i) una disminución del 0,008 % en la tasa de desempleo, ii) un incremento del 0,006 empresas por cada mil habitantes y iii) un incremento de 0,634 % en los ingresos de los hogares.

El estudio de Telefónica utiliza el porcentaje de población en zonas blancas en cada municipio como instrumento para la variable de implementación. Por un lado, esto les ayuda a resolver la posible existencia de errores de especificación del modelo debido a problemas de endogeneidad y, por otro lado, les permite aceptar la limitación de que esta variable solo está disponible para los años 2016 a 2018, que incluye el rango temporal de mayor avance del despliegue de fibra.

Por otro lado, para analizar la relación entre el internet de banda ancha y el empleo en las zonas rurales de Estados Unidos, Isley y Low (2022) aprovecharon como experimento la expansión del uso del internet de banda ancha producto de la pandemia. Para evitar sesgo

¹³ Áreas que no cuentan con cobertura de banda ancha de nueva generación de redes, ni prevé su provisión por parte de ningún operador en un plazo de 3 años, basados en planes de inversión creíbles.

por variable omitida o doble causalidad, optan por la metodología de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E), utilizando el porcentaje del condado que es bosque y el porcentaje del condado que es humedal como variables instrumentales para estimar la disponibilidad y la adopción de banda ancha. Los resultados mostraron que tanto la mayor disponibilidad como adopción de banda ancha (cable, fibra óptica y ADSL) en los hogares condujeron a tasas de empleo más altas. En particular, el impacto de la adopción (hogares suscritos a un plan de banda ancha) resultó mayor que el de la disponibilidad (hogares con infraestructura de banda ancha en el hogar): un aumento de un punto porcentual (pp) en la adopción de banda ancha aumentó la tasa de empleo en 0,869 pp, mientras que un aumento de 1pp de disponibilidad incrementó la tasa de empleo en 0,368pp.

La particularidad del estudio de Isley y Low (2022) es que realizan un análisis de los beneficios económicos de la banda ancha durante la pandemia. Según estos autores, es probable que los beneficios económicos atribuibles a la banda ancha hayan sido grandes durante la pandemia de COVID-19. El distanciamiento social, inducido por la pandemia, llevó a la economía a depender más que nunca del comercio electrónico y el trabajo remoto, como se descubrió durante la pandemia de SARS. Así, en Estados Unidos, el 16,1 % de las ventas minoristas se realizaron en línea en el segundo trimestre de 2020, frente a la tasa anterior a la pandemia del 11,3 % (Oficina del Censo de los Estados Unidos, 2021). Esto equivale a un aumento de más del 40 % en el comercio electrónico, el más grande en la historia de los Estados Unidos. Sin embargo, claramente, la pandemia colocó a las zonas rurales sin banda ancha en desventaja en lo que respecta al trabajo y el comercio.

También en Estados Unidos, Valentín-Sívico et al. (2023) evaluaron los efectos socioeconómicos (empleo, educación y salud) de una intervención gubernamental de despliegue de banda ancha de alta velocidad en una pequeña comunidad rural (Turney). Para esto, recopilaron datos de encuestas anteriores y posteriores a la intervención tanto para Turney como para otras comunidades comparables que no recibieron (control) el nuevo servicio de internet. Los datos cualitativos no mostraron diferencias significativas en el uso del internet en materia de empleo, educación o salud atribuibles a la intervención. Sin embargo, si se encontraron beneficios sobre la calidad de vida de las personas, principalmente la reducción de la frustración debido a la posibilidad de utilizar varios dispositivos a la vez.

En el caso de América Latina, Alderete (2022) analiza los efectos de la banda ancha sobre el crecimiento económico. Mediante el uso de un modelo de ecuaciones simultáneas, obtiene como resultado que la penetración de la banda ancha móvil se corresponde en parte con el crecimiento económico de los países de la región de América Latina. En particular, un aumento del 1 % de la penetración de la banda ancha móvil provoca un aumento en el PIB de alrededor del 0,23 % (promedio de ambos modelos). A su vez, un aumento del 1 % en la penetración de la banda ancha fija provoca un aumento en el PIB de alrededor del 0,31 % (promedio de ambos modelos). Estos efectos encontrados de la banda ancha son superiores a los efectos obtenidos respecto de la banda ancha fija en estudios previos de la región (Alderete, 2017; Katz, 2022) y del exterior (Koutroumpis, 2009; Czernich et al., 2011), y a los obtenidos por la UIT (2020). En específico, haciendo uso de un modelo de ecuaciones estructurales, Katz (2022) halla que un incremento del 10 % en la penetración de banda ancha fija está asociada a un crecimiento del 1,47 % en el PBI per cápita.

Asimismo, Guevara y Nalvarte (2022) analizan el impacto de la banda ancha en el crecimiento económico en la región. Optan por el método generalizado de momentos (GMM), ya que este enfoque permite corregir problemas de endogeneidad a través de la incorporación de variables rezagadas de la variable dependiente. Las estimaciones muestran que un aumento de un suscriptor a banda ancha por cada 100 personas repercutirá en una disminución del crecimiento del producto per cápita en 0,415 %.

En Brasil, Jung y Bazo (2020) estudiaron el impacto de la banda ancha sobre la productividad regional. Los autores optan por la metodología de mínimos cuadrados ordinarios (MICO) con una variable instrumental para abordar el problema de doble causalidad. Así, utilizan la densidad poblacional promedio de las municipalidades brasileñas para estimar la penetración de la banda ancha (número de suscripciones por 100 habitantes). Los resultados indican que, a mayor penetración de la banda ancha, se mejora la productividad regional (valor agregado bruto por trabajador). Sin embargo, este impacto no es uniforme entre las regiones y su magnitud va a depender de la calidad de la conexión. El estudio estimó mayores ganancias de productividad para las regiones menos desarrolladas; y, el impacto sobre la productividad resultó cuatro veces mayor para aquellas regiones con velocidad media más alta en comparación con las regiones con menor velocidad media. Por esto, no solo basta con expandir el alcance de la tecnología de banda ancha, sino que la calidad de esta debe ser buena.

En México, García y Mora (2021) exploran el impacto del acceso a internet sobre la pobreza en las zonas rurales. Para esto, emplean el concepto de pobreza desde una perspectiva multidimensional y la miden a través de 6 dimensiones que describen derechos sociales (calidad y espacios de la vivienda, acceso a servicios básicos, acceso a la alimentación, educación, acceso a servicios de salud y acceso a seguridad social) y bienestar (ingreso corriente total per cápita). Utilizando el método de pareo o matching, hallan que el acceso al internet reduce la pobreza multidimensional y la pobreza monetaria en más del 10 %, dependiendo de la región (las regiones ubicadas en las zonas suroeste, sureste, este y noreste experimentaron un mayor impacto). Estos hallazgos indican que el acceso a internet mejora la incorporación a los mercados laborales y permite a los hogares rurales acceder a servicios educativos y sanitarios de mejor calidad. Asimismo, contribuye a mejorar las restricciones de liquidez de los individuos en situación de pobreza.

Por otro lado, en el sector Educación, al contrario de Belo et al. (2013), Kho et al. (2018) encuentra un impacto positivo en el rendimiento escolar para una muestra de 5903 escuelas primarias públicas en Perú que obtuvieron conexión a internet entre 2007 y 2014. Emplea un enfoque de estudio de eventos y un análisis de ruptura de tendencias para comprobar que efectivamente tras la instalación del internet hubo una ruptura en la trayectoria de las notas. Los resultados muestran un impacto moderado y positivo en el corto plazo sobre las notas medias estandarizadas en matemáticas. Además, este impacto crece con el tiempo, lo que sugiere que las escuelas necesitan tiempo para adaptarse a la nueva tecnología. En particular, el rendimiento relativo en matemáticas aumenta ligeramente (0,043 desviaciones estándar) el primer año parcial de acceso, y la mejora no supera las 0,1 desviaciones estándar hasta 2 años después de la instalación. Al quinto año, las notas son 0,29 desviaciones estándar más altas en comparación con otras escuelas sin acceso a internet.

Asimismo, Henriksen et al. (2023) emplean un diseño de regresión discontinua (RDD) para evaluar el cambio en los índices educativos de las municipalidades brasileñas tras la implementación de un proyecto de expansión de internet realizado por el gobierno. Los efectos de la banda ancha sobre la educación pueden ser ambiguos en función de su uso, ya que este puede usarse para el aprendizaje o el entretenimiento. Los resultados indicaron un empeoramiento del rendimiento de los estudiantes y una mayor tasa de abandono en las municipalidades abastecidas por backhuals más potentes (capaces de soportar mayores velocidades de conexión).

Finalmente, en el sector Salud, la banda ancha ha hecho posible la creación de nuevos servicios, como la comunicación médico-paciente en tiempo real a distancia (telesalud). De esta forma, la atención médica se hace más accesible para la población. Para una muestra de provincias de EE. UU., Pandit et al. (2023) utilizan una regresión lineal multivariable para estimar la relación entre la capacidad de la banda ancha y la utilización de la telesalud.

Hallaron que las provincias con mayor acceso a banda ancha (quintil 5) presentaban un 47 % más de utilización de telesalud en comparación con las provincias con menor acceso a tal tecnología (quintil 1). Además, encontraron que un incremento de una desviación estándar en el acceso a banda ancha se asociaba con un incremento de 1,54 pp en el uso de telesalud.

A continuación, se presenta un resumen de los estudios previamente mencionados en orden alfabético.

Tabla 2
Resumen estudios de impacto de banda ancha

Autor	Objetivo	Región	Metodología	Variables		Instrumento	Datos		Efecto
				Independiente	Dependiente		Frecuencia	Periodo	
Alderete (2022)	Efectos de la banda ancha en el crecimiento económico.	América Latina	Ecuaciones simultáneas	Trabajo Capital no TIC. Penetración de banda ancha móvil. Penetración de banda ancha fija.	Crecimiento del PBI.	-	Anual	2010-2018	Positivo
Belo <i>et al.</i> (2013)	Efectos de la provisión de banda ancha en el desempeño escolar.	Portugal	IV	Tasa media de tráfico de internet por persona (en Mbps per cápita).	Nota promedio de los exámenes.	Distancia entre la escuela y la oficina central de Portugal Telecom.	Mensual	2002-2009	Negativo
Canzian <i>et al.</i> (2019)	Impacto de la banda ancha avanzada sobre el rendimiento de las empresas.	Italia	Diferencias en diferencias	Interacción entre <i>dummy</i> de acceso a ADSL2+ y el número de días de exposición a la tecnología.	Ingresos Valor agregado	-	Anual	2008-2014	Positivo
García y Mora (2021)	Impacto del acceso a internet sobre la pobreza en las zonas rurales.	México	Método de pareo o <i>matching</i>	<i>Dummy</i> de acceso a internet.	Pobreza multidimensional Pobreza económica	-	Mensual	2016-2018	Positivo
Guevara y Nalvarte (2022)	Impacto de la infraestructura de telecomunicaciones en el crecimiento económico.	América Latina	Método generalizado de momentos	Banda ancha (suscriptores de banda ancha por cada 100 personas).	PBI per cápita	-	Anual	2010-2017	
Henriksen <i>et al.</i> (2023)	Impacto del acceso a internet sobre la educación.	Brasil	Diseño de regresión discontinua (RDD)	Velocidad de retorno del internet en Mbps.	Competencia en el curso. Porcentaje de desaprobados. Porcentaje de alumnos con nivel avanzado.	-	Anual	2007-2011	Negativo
Isley y Low (2022)	Relación entre el internet de banda ancha y el empleo en zonas rurales.	Estados Unidos	IV	Disponibilidad de banda ancha (% de hogares con infraestructura de banda ancha). Adopción de banda ancha por cable (% de hogares con	Tasa de empleo promedio entre abril y mayo del 2020.	% del condado que es bosque. % del condado que es humedal.	Anual	2020	Positivo

				suscripción paga de banda ancha de cable, fibra o DSL). Adopción de internet (% de hogares con suscripción paga de banda ancha por cualquier tecnología).					
Jung y Bazo (2020)	Impacto de la banda ancha sobre la productividad.	Brasil	IV	Banda ancha (número de suscripciones por cada 100 habitantes).	Productividad laboral (relación entre el valor añadido bruto y el empleo).	Densidad poblacional rezagada.	Anual	2007-2011	Positivo
Katz (2022)	Impacto económico de la banda ancha.	América Latina	Ecuaciones estructurales	Penetración de banda ancha fija.	PBI per cápita	-	Trimestral	2010-2020	Positivo
Kho <i>et al.</i> (2018)	Impacto del acceso a internet en el rendimiento escolar.	Perú	Panel (Efectos fijos)/Estudio de evento	<i>Dummy</i> de acceso a internet.	Promedio de las notas de segundo grado en matemáticas.	-	Anual	2007-2014	Positivo
Pandit <i>et al.</i> (2023)	Relación entre la capacidad de la banda ancha y el uso del servicio de telesalud.	Estados Unidos	Regresión lineal multivariable	Proporción de hogares con acceso suficiente a internet.	% de asegurados que usaron telesalud.	-	Mensual	Enero - septiembre 2020	Positivo
Telefónica (2021)		España	IV	Cobertura máxima de FTTH (% del municipio con FTTH).	Tasa de desempleo Número de compañías de servicio. Ingresos	% de población en zonas blancas.	Anual	2014-2018	Positivo
Valentín-Sívico <i>et al.</i> (2023)	Efectos socioeconómicos (empleo, educación y salud) del despliegue de banda ancha de alta velocidad en una comunidad rural.	Estados Unidos	Encuestas pre- y posintervención (análisis cualitativo)	Acceso a internet.	Uso del internet en el hogar para: 1) buscar empleo, 2) educarse, y 3) telesalud	-	Trimestral (3 meses previos a la encuesta).	Agosto 2021, abril 2022	Sin efectos

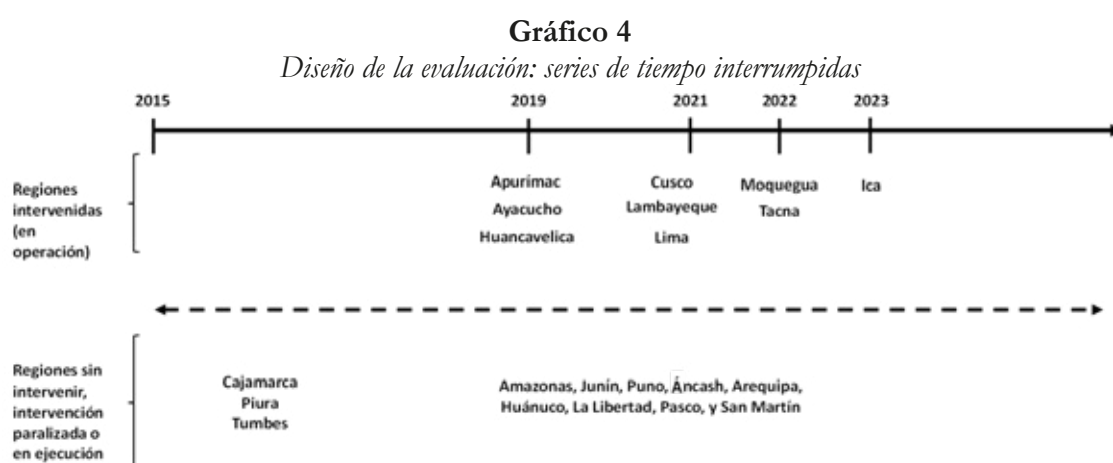
Fuente: Elaboración propia

4. Diseño metodológico y estrategia econométrica

El objetivo de este trabajo es explicar por qué la ampliación de la banda ancha a través de centros de acceso digital podría tener efectos positivos sobre el bienestar, y por qué el bienestar se mide a través de las variables elegidas para el ejercicio cuantitativo. Así, la literatura revisada analiza el impacto del servicio de banda ancha en el ámbito social y económico sobre diversas variables. Los autores de estos estudios concluyen que la banda ancha produce efectos positivos significativos en varios factores sociales y económicos.

En particular, por ejemplo, Valentín-Sívico et al. (2023) analizan los efectos socioeconómicos (empleo, educación y salud) del despliegue de banda ancha de alta velocidad en una comunidad rural. Las variables de impacto analizadas fueron empleo, educación y telesalud. Asimismo, Isley y Low (2022) analizan el impacto del internet de banda ancha sobre el empleo en zonas rurales a través de la medición de la tasa de empleo promedio. Por su parte, el Estudio de Telefónica (2021) evalúa el impacto socioeconómico del internet de banda ancha de alta velocidad en variables socioeconómicas tales como la tasa de desempleo, el número de compañías de servicio y los ingresos. Finalmente, tanto Kho et al. (2018) y Belo et al. (2013), estiman el impacto del acceso a internet en el rendimiento escolar a través de los promedios de las notas de 2.º grado en matemáticas y las notas promedio de los exámenes, respectivamente. En ese sentido, las variables socioeconómicas elegidas para este trabajo con el objetivo de evaluar el impacto de la implementación de banda ancha en el Perú son el rendimiento escolar, los ingresos, el empleo y los tiempos de espera para obtener citas médicas.

Por otro lado, la estrategia econométrica es identificar el “efecto promedio” de la intervención de política sobre el desarrollo socioeconómico de los distritos beneficiarios, es decir, el impacto promedio del tratamiento sobre los tratados: “the average impact of treatment-on-the-treated”, comparando el desempeño socioeconómico en distritos beneficiarios de regiones intervenidas y no intervenidas con la política pública. Para esto se aprovechará el hecho de que la política de instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social fue implementada en diferentes años para diferentes regiones y distritos. Esta variación en la gestión de la política a través del tiempo y espacio brinda un potencial instrumento para identificar el efecto causal de la intervención. Esto se puede apreciar en el gráfico siguiente.



Fuente: Elaboración propia

Con relación al modelo econométrico a aplicar, siguiendo a Belo et al. (2013), Telefónica (2021) y Isley y Low (2022), para evitar sesgo por variable omitida o doble causalidad (tomando en consideración que el despliegue de fibra óptica suele tener una dependencia bidireccional con variables socioeconómicas), se plantea un modelo de mínimos cuadrados ordinarios en dos etapas (MC2E) con efectos fijos para estimar datos de panel utilizando variables instrumentales.

Una preocupación importante es que las regiones (y distritos) que el Estado elige sujetos de ser intervenidos exhiben diferente desempeño socioeconómico de aquellos que no son intervenidos. Más aún, regiones con distritos beneficiarios o intervenidos poseen diferentes características socioeconómicas, y aquellas diferencias estarían correlacionadas con las variables dependientes de interés. Afortunadamente, aquellas variables que potencialmente conllevan a la identificación son aquellas que varían entre regiones y distritos, pero son fijas en el tiempo. Por otro lado, para controlar por heterogeneidad no observada invariante en el tiempo, se empleará datos de panel y se estimará un modelo de variables instrumentales.

El método de variables instrumentales permite enfrentar la endogeneidad del tratamiento (d). En este caso, la endogeneidad se da cuando la participación de los individuos en el tratamiento depende de sus propias decisiones, es decir, se autoseleccionan. Al darse esta situación, la variable “d” depende de variables no observables de preferencias, las cuales están capturadas en el término de perturbación.

Entonces, este método consiste en identificar un instrumento (z) que extraiga la variabilidad de “d” que no está relacionada con el término de perturbación y la asocie con la variabilidad del resultado (y) relacionada a z.

La idea es que las variables instrumentales deberían estar correlacionadas con la variable independiente de interés, medidas de banda ancha, pero no correlacionadas con el término de error de cada modelo. Así, por ejemplo, se pueden utilizar varias medidas relacionadas con el terreno como variables instrumentales, como el enfoque utilizado por Kolko (2012), en el que se utilizó la pendiente promedio del terreno local como instrumento, y Conroy y Low (2022), en el que se utilizaron como instrumentos un índice de desarrollo de la tierra y un proxy de pendiente. Otras posibles medidas relacionadas con el terreno incluyeron la topografía y las características geográficas y climáticas. Vale la pena mencionar que buenos instrumentos son aquellos que provienen de la combinación del conocimiento institucional e ideas acerca del proceso determinante de la variable de interés (Angrist and Pischke, 2009).

Por ejemplo, el Estudio de Telefónica (2021) utiliza el porcentaje de población en áreas que no cuentan con cobertura de banda ancha de nueva generación, ni prevé su provisión por parte de ningún operador en un plazo de 3 años, basados en planes de inversión creíbles en cada municipio como instrumento para la variable de implementación. Esto les ayuda a resolver la posible existencia de errores de especificación del modelo debido a problemas de endogeneidad.

La validez de utilizar el mencionado porcentaje como instrumento se basa en la condición de exogeneidad, por lo que la variable del instrumento no afectaría directamente la variable dependiente, sino que lo haría a través de la variable instrumental. En este caso es razonable pensar que los ingresos no se determinan directamente por el porcentaje, pero existe una relación entre esta variable y el despliegue de fibra.

Por su parte, Belo et al. (2013), consideran como instrumento para la calidad de la banda ancha la distancia entre la escuela de enseñanza media y la oficina central de Portugal Telecom (empresa de telecomunicaciones). Asimismo, Isley y Slow (2022) utilizan el porcentaje del condado que es bosque y el porcentaje del condado que es humedal como variables instrumentales para estimar la disponibilidad y la adopción de banda ancha.

En resumen, la eficacia del método de variables instrumentales se cumple solo si los instrumentos elegidos son válidos. Para que un instrumento sea válido debe cumplir con dos condiciones: relevancia (instrumento está correlacionado con el regresor endógeno) y exclusión (instrumento no está correlacionado con el término de error). En caso no se cumplan las condiciones, el estimador sería sesgado e inconsistente.

Por eso, es razonable pensar que los ingresos, rendimiento escolar y empleo no se determinan directamente por la conexión a la energía eléctrica, pero existe relación clara entre esta variable y el despliegue de fibra, puesto que sin conexión a la energía eléctrica no se puede implementar el servicio de internet. De hecho, en el Perú, la Dirección General de Electrificación Rural del Ministerio de Energía y Minas (Minem), al priorizar los proyectos a ejecutarse a través del Plan Nacional de Electrificación Rural y de acuerdo a lo establecido en el sistema de inversión pública, premia los siguientes criterios para la instalación de electrificación rural: menor coeficiente de electrificación rural provincial, mayor índice de pobreza, menor proporción de subsidio requerido por conexión domiciliaria, mayor ratio de cantidad de nuevas conexiones domiciliarias y la mayor utilización de energías renovables (Plan Nacional de Electrificación Rural, 2011-2020). Se debe resaltar, además, que la decisión de implementar electrificación rural es anterior a la implementación de la banda ancha a través de los proyectos regionales. Asimismo, los criterios técnicos utilizados por Fitel y ProInversión para la elección de las localidades favorecidas para la intervención pública, indican que un prerequisite indispensable es contar con energía eléctrica (Pronatel, 2021).

Esta priorización muestra indicios plausibles de que contar con conexión a electricidad no es en sí mismo resultado de mejores niveles de ingresos del distrito o de la importancia relativa del distrito en las metas de política pública sobre la universalización del servicio de electricidad. Así queda sustentada la validez del instrumento para resolver el problema de endogeneidad ya que no es necesariamente un resultado de medidas de bienestar.

Por otro lado, el foco principal está en la variable de intervención de los proyectos, es decir, la instalación del servicio de banda ancha. La principal hipótesis subyacente es que la intervención del proyecto explica las mejoras en el bienestar medidas con las variables dependientes. El modelo empírico es entonces:

$$y_{it} = \alpha C_{it} + \beta X_{it} + \gamma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

De tal manera que α es el efecto tratamiento promedio de la variable de intervención del proyecto C_{it} , que toma el valor de 1 si el distrito i en el año t fue beneficiario de la concesión; y_{it} corresponde a las variables dependientes (ingresos, tasa de aprobación, horas trabajadas, tiempo para conseguir una cita de salud); X_{it} es una matriz de variables explicativas; γ_i es un efecto fijo distrito; μ_t es efecto tiempo, y ε_{it} es un error estocástico.

Una preocupación natural que surge en la ecuación (1) es la posible endogeneidad de la variable de intervención del proyecto C_{it} . Esto podría surgir por la exclusión de una variable relevante que, si estuviera correlacionada con ella, sesgaría a los estimadores. El candidato para tal variable sería el nivel de pobreza del distrito o localidad al momento de la intervención, lo que podría conducir a que el Gobierno invierta en tales proyectos en esas zonas. Creemos que estamos reduciendo este riesgo al introducir explícitamente algunos controles para ambos efectos. Por eso, la variable pobreza se controla con el PBI y las transferencias del Gobierno central al Gobierno regional.

Adicionalmente, siguiendo la literatura, es posible que C_{it} y el término de error estén correlacionados porque la implementación del proyecto podría depender del valor esperado de los ingresos futuros de la región. En tal caso, puede surgir un problema de ecuaciones

simultáneas. En ese sentido, se opta por una variable instrumental que esté correlacionada con la implementación del proyecto, pero no con el modelo de error. Como ya se mencionó, la variable candidata a ser instrumento es si la localidad tiene energía eléctrica conectada a la red debido a que el requisito puesto por Fitel y el MTC para implementar los proyectos regionales era que se cumpla con tal exigencia.

Dado lo anterior, se estimará mínimos cuadrados en dos etapas. La primera etapa consistirá en la estimación de la siguiente ecuación:

$$C_{it} = \theta Z_{it} + \lambda X_{it} + \gamma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

De tal manera que la variable instrumental Z_{it} toma el valor de 1 si el distrito i en el año t dispone de conexión a la red eléctrica, y 0 de otro modo.

Y en la segunda etapa, se estimará la siguiente ecuación:

$$y_{it} = \alpha \hat{C}_{it} + \beta X + \gamma_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Finalmente, se debe mencionar que el tratamiento que se busca evaluar se implementa a través de la nueva infraestructura en centros poblados de distritos. Idealmente, se requeriría comparar las métricas de las variables elegidas para evaluar el impacto al nivel de la misma unidad geográfica, es decir, centros poblados del distrito. Como ya se mencionó, la base de datos utilizada no permite este nivel de desagregación. En consecuencia, los efectos que se estiman con la estrategia econométrica corresponden a efectos promedio por departamento y, en cada departamento, se combinan centros poblados tratados y no tratados. Además, existe un posible problema de correlación serial, como destacan Bertrand et al. (2004). En ese sentido, se debe reconocer que la inferencia no es adecuada sin tener en cuenta que la dependencia dentro del grupo puede subestimar los errores estándar.

Como ha sido aplicado por Maldonado (2017) y Agüero et al. (2018) para el caso peruano con el uso de la Enaho, para hacer frente a ambos problemas los errores estándar se agrupan a nivel de distrito utilizando la generalización de la matriz de covarianza robusta de White (1980) desarrollada por Liang y Zeger (1986). Esta solución controla la agrupación en clústeres y la heterocedasticidad, y es válida siempre que haya un gran número de clústeres disponibles. Felizmente, ese es nuestro caso.

5. Datos y variables utilizadas

Se trabajará con el periodo 2015-2022 considerando que la intervención se ha desarrollado entre el 2019 y 2022. Se utilizarán variables provenientes de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) donde las localidades intervenidas por el proyecto están ubicadas en distritos. La lista de localidades beneficiadas por los proyectos regionales fue obtenida a través de los contratos de ProInversión.

Por otro lado, las variables dependientes para captar el impacto de los proyectos fueron las siguientes:

- Ingreso (+)
 - Ingreso per cápita
 - Ingreso promedio por hogar del distrito
- Empleo (+)
 - Número de horas trabajadas a la semana promedio por hogar del distrito
- Salud (-)
 - Tiempo de espera promedio entre la solicitud de la cita y la fecha de la cita por hogar del distrito
- Educación (+)
 - Tasa de aprobación del año escolar (secundaria) promedio del distrito

Estas se pueden observar en el cuadro siguiente:

Tabla 3
Variables dependientes

Variable dependiente	Descripción	Variable Enaho	Pregunta Enaho
Ingreso promedio/Ingreso per-cápita (dhingreso)	Suma de los ingresos percibidos por todos los miembros del hogar.	p523	En su ocupación principal dependiente, a usted le pagan: (frecuencia)
		p524a1	¿Cuánto fue su ingreso total en su ocupación principal dependiente?
		p538a1	¿Cuál fue su ingreso total en el mes anterior en su ocupación secundaria dependiente?
		p530a	En su ocupación principal independiente ¿Cuál fue la ganancia neta en el mes anterior?
		p541a	En su ocupación secundaria independiente, ¿Cuál fue su ganancia neta en el mes anterior?
Número de horas trabajadas (dhtrabajo)	Suma de las horas de trabajo a la semana de los miembros del hogar.	p513t	¿Cuántas horas trabajó la semana pasada, en su ocupación principal?, el día: total
Tasa de aprobación escolar (dtaprobar)	Porcentaje de estudiantes de secundaria que aprobaron el colegio el año pasado.	p303	El año pasado, ¿estuvo matriculado en algún centro o programa de educación?
		p304a	¿Cuál es el grado o año de estudios al que asistió? – nivel
		p305	El resultado que obtuvo el año pasado fue...

Tiempo de espera de citas médicas (dcita)	Porcentaje de personas que esperan minutos, horas y días para ser atendidas.	p407f1 p407f2 p407f3 p407f4	Desde que solicitó la cita en el establecimiento de salud donde acudió, ¿cuánto tiempo transcurrió hasta que fue programada su atención? N.º meses N.º días N.º horas N.º minutos
---	--	--------------------------------------	---

Fuente: Enaho

Elaboración propia

Por otro lado, las variables explicativas/control obtenidas del INEI, incluyendo sus siglas y signo esperado, son las siguientes:

- Entorno macroeconómico (nivel regional):
 - ✓ Logaritmo natural del producto bruto interno departamental (lnpbi) (+)
 - ✓ Logaritmo natural de las transferencias gubernamentales (lntrans) (+)
- Características sociodemográficas (nivel regional):
 - ✓ Densidad poblacional (dens) (+)
 - ✓ Porcentaje de población con al menos una necesidad básica insatisfecha (nbi) (-)
 - ✓ Porcentaje de población menor de 20 años (pob20) (+)
 - ✓ Porcentaje de población de 65 años a más (pob65) (-)
- Características socioeconómicas de los hogares (nivel distrital):
 - ✓ Porcentaje de hogares que cuentan con teléfono móvil (dmovil) (+)
 - ✓ Porcentaje de hogares que cuentan con servicio de agua y alcantarillado (dsbasico) (+)
 - ✓ Porcentaje de hogares que cuentan con internet y teléfono fijo (dtbasico) (+)
 - ✓ Ratio N.º de ocupados/N.º miembros del hogar (drocupados) (+)
- Disponibilidad de infraestructura (nivel regional):
 - ✓ Longitud de la red vial de carreteras (km) (+)
 - ✓ Densidad de la red vial de carreteras (km2) (+)

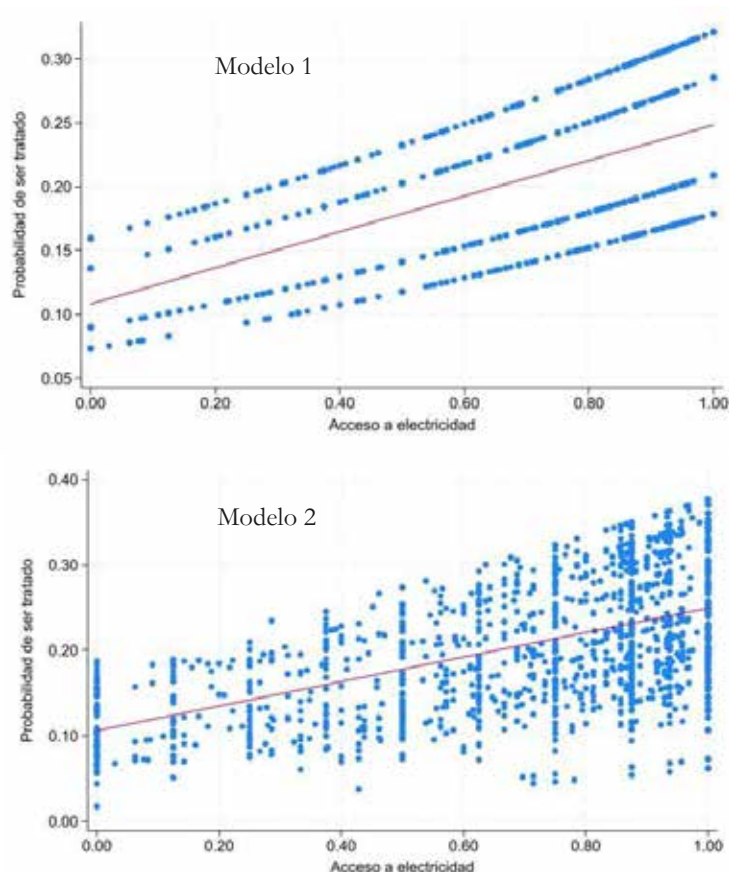
6. Resultados

Para cada una de las 5 variables dependientes¹⁴, se muestran 5 modelos: el primer modelo no incluye controles; el segundo controla por características económicas de la región (pbi y las transferencias gubernamentales); el tercer modelo agrega variables de control relacionados con la tenencia de otros servicios públicos como telefonía móvil y servicios de agua (dmovil, dsbasico) y el cuarto modelo agrega la tenencia de internet y teléfono fijo (dtbasico). Finalmente, el quinto modelo agrega como controlar la densidad poblacional (dens)¹⁵. En todas las regresiones se controla por el tiempo y por el efecto fijo de distrito¹⁶.

En primer lugar, estimamos la ecuación utilizando mínimos cuadrados de dos etapas (MC2E), donde la variable ficticia endógena “probabilidad de ser tratado” está instrumentada por la variable exógena “acceso a electricidad”. En el gráfico 5 se presenta la probabilidad condicional del tratamiento (implementación de la banda ancha), dado el acceso a electricidad. La característica más importante de este gráfico es la relación positiva entre el acceso a electricidad y la probabilidad de tener banda ancha para los 5 modelos propuestos. Esto muestra que, a niveles altos de acceso a electricidad, la probabilidad de ser tratado se incrementa, lo que refleja un adecuado comportamiento de la variable instrumental escogida.

Gráfico 5

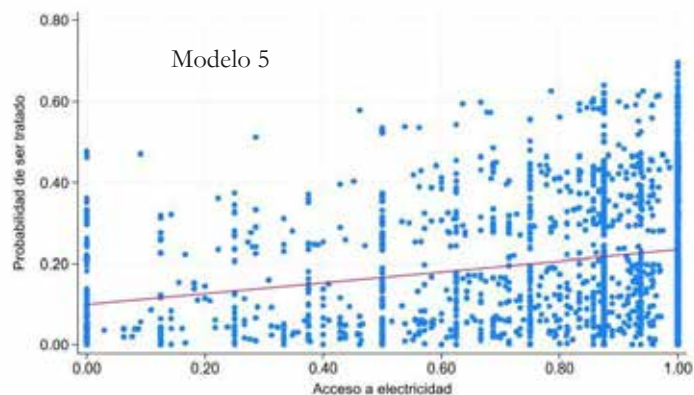
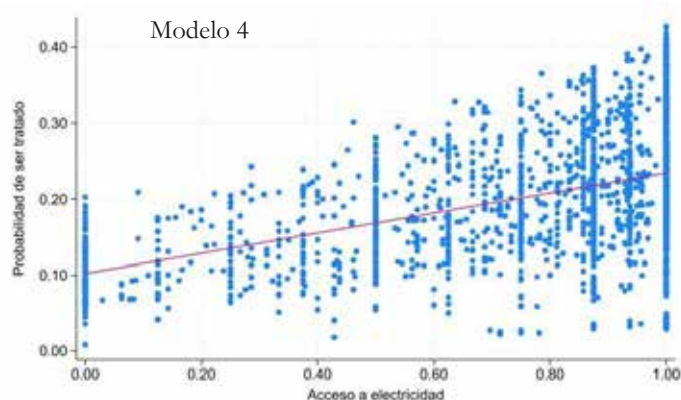
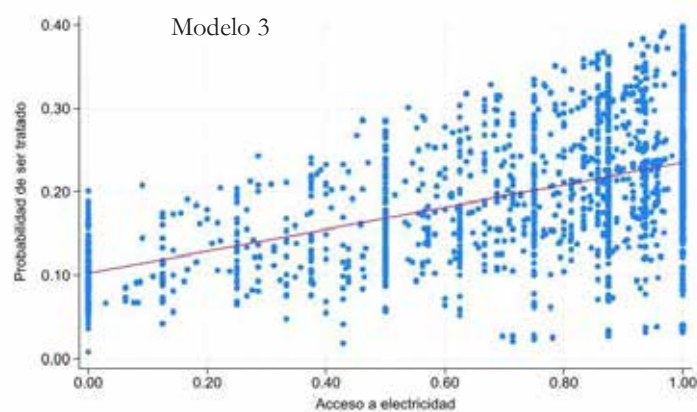
Probabilidad de ser tratado vs. acceso de electricidad



¹⁴ Tasa de aprobación escolar, ingreso promedio, ingreso per cápita, número de horas trabajadas y tiempo de espera en citas médicas.

¹⁵ Se ha llegado a estos modelos luego de haber probado diferentes especificaciones para las variables de control.

¹⁶ Ver en anexo 3 los 5 modelos utilizados.



Elaboración propia

Por otro lado, las estimaciones de la primera etapa se presentan en la tabla 4. Las estimaciones puntuales del coeficiente de acceso a energía indican que el impacto sobre cada una de las 5 variables dependientes es positivo y significativo para los hogares con acceso a energía eléctrica. El efecto de la primera etapa se estima con precisión y es significativamente diferente de 0.

Tabla 4
Resultados de la primera etapa

Variables	dtaprobar	lningreso	lningresopc	dhtrabajo	dhcita	dmcita
Acceso a energía	0,054*** (0,0148)	0,041** (0,0147)	0,041*** (0,0147)	0,039*** (0,0145)	0,059*** (0,0153)	0,059*** (0,0153)
Constante	0,521*** (0,1716)	0,578*** (0,1684)	0,578*** (0,1684)	0,588*** (0,1673)	0,713*** (0,1666)	0,713*** (0,1666)
Características económicas de la región	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Características socioeconómicas del hogar	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Dummy de año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Método	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS
Observaciones	4 504	5 618	5 618	5 660	4 665	4 665
Wald test	chi-sq(14) = 19,28 Prob > chi-sq = 0,1543	chi-sq(14) = 1046,86 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(14) = 799,60 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(14) = 260,61 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(14) = 131,39 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(14) = 217,20 Prob > chi-sq = 0,0000

Standard errors are in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Elaboración propia

Como se sabe, el estimador de la variable instrumental no produce el efecto promedio del tratamiento a menos que uno esté dispuesto a asumir un efecto constante del tratamiento. Sin embargo, bajo supuestos sensatos, se obtiene un parámetro alternativo, el efecto medio local del tratamiento (LATE) (véase Angrist, Imbens y Rubin, 1996), que es el efecto medio del tratamiento en aquellos individuos cuyo estado de tratamiento es modificado por el instrumento (acceso a energía eléctrica). Esto aplica a las localidades que han obtenido la banda ancha sobre la base de su acceso a electricidad, y que, de otro modo, no habrían tenido acceso a la banda ancha.

En el anexo 3 se reportan los resultados de la segunda etapa. Se presenta el impacto del acceso a banda ancha sobre variables de educación, ingreso, empleo y salud. Como se aprecia, para la tasa de aprobación escolar, las columnas (1)-(5) muestran un coeficiente positivo y significativo al 1 % de entre 0,180 y 0,332. Este resultado sugiere que, conectar un distrito a la banda ancha incrementa la tasa de aprobación escolar entre 18 % y 33,2 % aproximadamente. Las columnas (6)-(15) reportan los resultados para el ingreso total del hogar y el ingreso per cápita. Para ambas variables de resultado se identifica un efecto positivo y significativo tras controlar por factores económicos de la región. El ingreso total de hogar y el ingreso per cápita de los distritos experimentan, en promedio, un incremento de 5,565 % (columna 7) y 5,746 % (columna 12), respectivamente, luego de ser conectados a la banda ancha. Asimismo, el efecto sobre el empleo es negativo, pero apenas significativo luego de controlar por características económicas y socioeconómicas.

Para estimar el efecto sobre la salud, se comparan los resultados de dos variables: 1) el porcentaje de personas que esperan días, y 2) el porcentaje de personas que esperan minutos para ser atendidos tras la solicitud de la cita. La columna (25) indica que, para los distritos conectados a banda ancha, el porcentaje de personas que esperan horas para ser atendidas disminuye en 63,4 %. A su vez, la columna (30) indica que el porcentaje de personas que esperan minutos incrementa en 55 %. Estos resultados sugieren una mejora sobre el tiempo de atención.

En la tabla 5 se muestran los efectos sobre las variables dependientes para algunos de los modelos que aparecen en el anexo 3.

Tabla 5
Impacto estimado de la banda ancha sobre variables socioeconómicas

Variables	dtaprobar (5)	lningreso (7)	lningresopc (12)	dhtrabajo (20)	dhcita (25)	dmcita (30)
Tratado	0,332** (0,152)	5,565*** (1,362)	5746*** (1,411)	-93,1* (50,80)	-0,634* (0,351)	0,55 (0,354)
Acceso a electricidad	0,421*** (0,0523)	0,408*** (0,0601)	0,435*** (0,0549)	-3,652** (1,418)	-0,0377** (0,0182)	0,0327* (0,0191)
Características económicas de la región	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Características socioeconómicas del hogar	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Dummy de año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Método	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS	OLS
Observaciones	4 504	6 076	6 076	5 660	4 665	4 665

Standard errors are clustered at district levels. Standard errors are in parentheses.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Elaboración propia

Asimismo, se realizan pruebas de robustez para la variable instrumental. La variable instrumental escogida corresponde a si la localidad tiene energía eléctrica, debido a que el requisito puesto por Fitel y el MTC para implementar los proyectos regionales era que se cumpla tal exigencia. En general, los resultados de la prueba Wu-Hausman muestran que la variable independiente, tratado, es endógena. Por otro lado, la prueba de weak instruments muestra que la variable de electricidad (acceso a electricidad) es un instrumento fuerte.

Tabla 6
Variable instrumental
Pruebas de robustez

dtaprobar	model1	model2	model3	model4
Wu-Hausman	6,3023	5,96991	5,95322	6,46903
p-value	[0,0121]**	[0,0146]**	[0,0150]**	[0,0110]**
Weak-instruments	52,0945	53,3406	32,5375	18,109
p-value	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0000]***
dhingreso	model1	model2	model3	model4
Wu-Hausman	103,863	111,831	0,023489	0,192376
p-value	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,8782]	[0,6610]
Weak-instruments	38,2168	43,4013	26,5591	12,6088
p-value	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0004]***
ingresopc	model1	model2	model3	model4
Wu-Hausman	103,124	115,448	1,92861	2,67523
p-value	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,1650]	[0,1020]
Weak-instruments	38,2168	43,4013	26,5591	12,6088
p-value	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0004]***
dhtrabajo	model1	model2	model3	model4
Wu-Hausman	15,6585	12,8491	12,6942	10,1967
p-value	[0,0001]***	[0,0003]***	[0,0004]***	[0,0014]**

<i>Weak-instruments</i>	36,9863	42,2672	25,806	11,8878
p-value	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0006]***
dhcita	model1	model2	model3	model4
Wu-Hausman	2,39717	0,468846	5,94216	5,98065
p-value	[0,1216]	[0,4935]	[0,0148]**	[0,0145]**
<i>Weak-instruments</i>	42,9893	48,1862	34,5696	21,5419
p-value	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0000]***
dmcita	model1	model2	model3	model4
Wu-Hausman	16,1408	2,70327	3,71036	4,05479
p-value	[0,0001]***	[0,1002]	[0,0541]*	[0,0441]**
<i>Weak-instruments</i>	42,9893	48,1862	34,5696	21,5419
p-value	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0000]***	[0,0000]***

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Elaboración propia

Por último, se realizaron pruebas placebo, en donde suponemos que los distritos beneficiados por los proyectos fueron conectados a la banda ancha años previos al verdadero tratamiento. Para esto, restringimos el periodo del panel de datos a los años pretratamiento y planteamos dos años de tratamiento placebo: 2017 y 2018. Así, las variables placebo1 y placebo2 son variables dicotómicas que toman el valor de 1 si el distrito fue conectado a la banda ancha en el año 2017 y 2018, respectivamente.

La siguiente tabla muestra los resultados de las pruebas placebo para cada una de las variables de resultado. Para las variables dtaprobar, dhtrabajo, dhcita y dmcita el modelo de regresión utilizado es el que posee todos los controles (columnas (5), (20), (25) y (30)); mientras que para las variables lningreso e lningresopc, corresponden al modelo de las columnas (8) y (13). El hecho que los coeficientes de las variables placebo1 y placebo2 sean no significativos, como se aprecia en la tabla siguiente, sostiene la validez de los resultados obtenidos.

Tabla 7
Variable instrumental
Pruebas placebo

Variables	(1) dtaprobar	(2) lningreso	(3) lningresopc	(4) dhtrabajo	(5) dhcita	(6) dmcita
placebo1	0,739 (0,844)	0,474 (0,846)	1,27 (0,908)	-63,05 (50,43)	-1,413 (0,998)	1,263 (0,950)
lnpbi	0,106 (0,117)	0,419*** (0,0231)	0,441*** (0,0269)	-2,137 (7,188)	-0,135 (0,146)	0,0942 (0,140)
lntrans	-0,085 (0,0957)	-0,609*** (0,0449)	-0,683*** (0,0497)	0,439 (5,539)	0,127 (0,107)	-0,0754 (0,103)
dmovil	-0,0122 (0,0325)	1,406*** (0,103)	1,219*** (0,104)	23,57*** (2,276)	0,0839* (0,0477)	-0,146*** (0,0455)
dsbasico	-0,115 (0,137)			10,73 (8,098)	0,22 (0,182)	-0,227 (0,173)

dtbasico	0,266			34,75	-0,468	-0,239
	(0,413)			(24,34)	(0,681)	(0,658)
dens	-0,00171			0,113	0,0035	-0,00342
Constant	1,056***	10,87***	11,13***	72,38***	-0,403	1,019***
	(0,234)	(0,848)	(0,932)	(18,48)	(0,391)	(0,368)

	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Variables	dtaprobar	lningreso	lningresopc	dhtrabajo	dhcita	dmcita
placebo2	1,217	0,766	2,051	-105,9	-2,423	2,166
	(1,601)	(1,367)	(1,481)	(91,18)	(1,970)	(1,862)
lnpbi	0,119	0,421***	0,447***	-2,858	-0,146	0,104
	(0,151)	(0,0233)	(0,0278)	(8,328)	(0,176)	(0,167)
lntrans	-0,0896	-0,607***	-0,677***	0,428	0,127	-0,0756
	(0,116)	(0,0418)	(0,0469)	(5,969)	(0,123)	(0,116)
dmovil	0,0242	1,423***	1,267***	21,26***	0,0468	-0,113*
	(0,0315)	(0,0930)	(0,0953)	(3,397)	(0,0700)	(0,0658)
dsbasico	-0,117			10,64	0,225	-0,232
	(0,162)			(8,709)	(0,215)	(0,203)
dtbasico	0,329			28,9	-0,357	-0,338
	(0,562)			(32,90)	(0,900)	(0,814)
dens	-0,00181			0,121	0,0036	-0,00351
Constant	0,925***	10,78***	10,89***	85,78***	-0,21	0,846*
	(0,225)	(0,709)	(0,795)	(23,94)	(0,535)	(0,500)

Robust standard errors in parentheses. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Elaboración propia

7. Discusión de resultados

La literatura que analiza el impacto de la banda ancha sobre diversas variables socioeconómicas no es nueva. Las estrategias aplicadas para identificar estos impactos son variadas y apuntan a comparar las poblaciones tratadas con la política pública y las poblaciones no tratadas. La evidencia reciente ha aplicado variables instrumentales (Belo et al. [2012], Isley y Low [2022], Jung y Bazo [2020] y Telefónica [2021]), métodos de diferencias en diferencias o de pareo (Canziani et al. [2019], García y Mora [2021]), diseño de regresión discontinua (Henniksen et al. [2023]), regresión lineal multivariable (Pandit et al. [2023]) o simplemente un panel con efectos fijos utilizando una dummy para el acceso a internet (Kho et al. 2018).

Aunque no hay evidencia sistemática relevante, hay razones para creer que el impacto de la banda ancha sobre las variables de rendimiento escolar, ingresos, empleo o tiempos de espera para obtener una cita médica, es positivo, aunque esto también depende de otras variables como la densidad poblacional, la tenencia de teléfono móvil, servicio de agua y alcantarillado e internet y teléfono fijo en el hogar.

Así, este trabajo analiza el impacto de la banda ancha sobre algunas variables socioeconómicas en el periodo 2015-2022, considerando que la intervención se ha

desarrollado entre el 2019 y 2022. Es importante para comprender el impacto esperado discutir cómo la pandemia y las políticas que se aplicaron pudieron afectar el despliegue de la política implementada. En ese sentido, el estudio de Isley y Low (2022) analiza los beneficios económicos de la banda ancha durante la pandemia. Según estos autores, es probable que los beneficios económicos atribuibles a la banda ancha hayan sido grandes durante la pandemia de COVID-19. El distanciamiento social, inducido por la pandemia, llevó a la economía a depender más que nunca del comercio electrónico y el trabajo remoto, como se descubrió durante la pandemia de SARS. De hecho, esto implicó un aumento de más del 40 % en el comercio electrónico, el más grande en la historia de los Estados Unidos (Oficina del Censo de los Estados Unidos, 2021). Sin embargo, claramente, la pandemia colocó a las zonas rurales sin banda ancha en desventaja en lo que respecta al trabajo y el comercio.

De hecho, estos autores, realizan el análisis en el pico de las interrupciones de COVID-19 lo que permite explorar el impacto de la banda ancha en un momento en el que las personas habían dependido de la banda ancha para el trabajo y el comercio más que nunca. Los resultados muestran que, durante el apogeo de las interrupciones relacionadas con la pandemia, la disponibilidad de banda ancha y la adopción de la banda ancha por cable tuvieron relaciones causales estadísticamente significativas con la tasa de empleo en los condados rurales de baja población.

En el caso peruano, dado que las intervenciones de los proyectos regionales se aplicaron a partir del 2019, se evalúan impactos antes de la pandemia y después de ella. En ese sentido, el hecho que el período escogido incluya los años de pandemia exagera las diferencias entre aquellas localidades intervenidas por la política pública respecto de las no intervenidas. Por eso, la metodología utilizada capta las diferencias de impacto entre las localidades rurales con acceso a internet respecto de las localidades sin acceso. Se aprovecha el hecho de que la decisión de política de instalación de banda ancha fue implementada en diferentes años para diferentes regiones y distritos.

Por último, para obtener resultados robustos, los errores estándar se agrupan a nivel de distrito utilizando la generalización de la matriz de covarianza robusta de White (1980). Esta solución controla la agrupación en clústeres y la heterocedasticidad. Esta solución se adoptó con el objetivo de enfrentar la falta de representatividad distrital de la Enaho que implicaba que la inferencia no era adecuada sin tener en cuenta que la dependencia dentro del grupo puede subestimar los errores estándar.

8. Conclusiones

De acuerdo con la literatura revisada y los canales de transmisión detectados, se ha demostrado que la implementación de banda ancha tiene un impacto positivo y significativo sobre el bienestar de la población intervenida. Nuestros resultados muestran que proveer banda ancha incrementa la tasa de aprobación escolar entre 18 % y 33,2 %, aproximadamente. Asimismo, el ingreso total de hogar y el ingreso per cápita experimentan, en promedio, un incremento de entre 5,565 % y 5,746 %, respectivamente. Por último, se mostró que, el porcentaje de personas que esperan horas para ser atendidos en un puesto de salud disminuye en 63,4 % y que el porcentaje de personas que esperan minutos se incrementa en 55 %.

Se trabajó principalmente con variables provenientes de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) donde las localidades intervenidas por el proyecto están ubicadas en distritos para el periodo 2015-2022, tomando en consideración que la intervención de los proyectos de banda ancha se ha desarrollado entre el 2019 y 2022.

Se debe destacar que, para controlar por heterogeneidad no observada invariante en el tiempo, se emplearon datos de panel. Para enfrentar el problema de heterogeneidad, el instrumento que utilizamos fue una variable correlacionada con la implementación del proyecto, pero no con el modelo de error. La variable instrumental utilizada fue si la localidad tiene energía eléctrica conectada a la red. Al respecto, se realizaron pruebas de robustez para la variable instrumental y los resultados muestran que la variable independiente (tratado), es endógena y es un instrumento fuerte.

Finalmente, podemos afirmar que expandir y mejorar la tecnología de internet de banda ancha impacta positivamente sobre el bienestar de la sociedad. La banda ancha estimula la economía a través de su impacto sobre la productividad y produce efectos positivos significativos en varios factores sociales y económicos, como el fomento de la creación de nuevos negocios y el aumento de los ingresos de los hogares. Asimismo, en el campo social, las mejores decisiones tomadas en un ámbito de reducción de la asimetría de la información por acción de la presencia de banda ancha, permite una mejor provisión de servicios sociales. Estos beneficios, tanto económicos como sociales, permiten mejoras en el bienestar del hogar.

Respecto de las limitaciones del estudio, una tarea pendiente es estimar el impacto de los proyectos regionales sobre el crecimiento de las regiones. Sin embargo, dado el carácter microeconómico (y no macroeconómico) de los impactos medidos, se deja como una posibilidad futura. Otra tarea futura tiene que ver con esperar que más proyectos de banda ancha entren en operación. De esta manera, la evaluación de impacto podría ser más robusta, pues con más proyectos en operación los grupos tratados tendrían más información. En esos casos, se podrían utilizar con mayor confiabilidad las técnicas de diferencias en diferencias y/o métodos de pareo.

En este trabajo se intentó utilizar otra base de datos para medir el impacto sobre algunas variables. Por ejemplo, se podrían utilizar las bases de datos provenientes del Censo Nacional de Comisaría que tiene el Registro Nacional de Delitos desde 2011 a 2022 para medir el impacto sobre la seguridad. Sin embargo, los datos son por región y están incompletos. Asimismo, se podrían utilizar las evaluaciones nacionales del Minedu para medir el desempeño de los alumnos de 2.º a 5.º de secundaria. Sin embargo, la base de datos está descontinuada debido a la pandemia. En esta misma línea, en la medida que la telemedicina se implemente en forma adecuada en el Ministerio de Salud, se podrá medir a través de la Endes, el impacto de la banda ancha sobre la salud de los hogares.

Otro trabajo interesante para realizar en el futuro sería evaluar el rendimiento en los colegios donde se ha implementado la banda ancha y compararlos con aquellos colegios que no han tenido acceso. En este caso, la unidad de observación sería el centro educativo y utilizando una técnica apropiada, se podría proporcionar con mayor certeza el impacto de la tecnología sobre los resultados educativos.

Por otro lado, sería interesante utilizar las líneas de base de punto de partida de los proyectos que han sido elaborados por Fitel/Pronatel. Para realizar una buena comparación se recomienda aplicar la misma encuesta en la actualidad a los proyectos en operación. En esos casos, la evaluación de impacto podría tener una mayor precisión.

Finalmente, y no por ello menos importante, el trabajo presentado tiene la limitación impuesta por la base de datos utilizada que es la Enaho que, como se sabe, carece de representatividad distrital. Sin embargo, para obtener resultados robustos, los errores estándar se agrupan a nivel de distrito. Por eso, creemos que los resultados obtenidos brindan una idea adecuada del impacto de los proyectos regionales de banda ancha.

9. Referencias bibliográficas

- Agüero J. M., Balcázar C. F., Maldonado S., Nopo H. (2021). The value of redistribution: natural resources and the formation of human capital under weak institutions. *Journal of Development Economics*. 148, 102581.
- Alderete, M. (2022). El efecto de la banda ancha en el crecimiento económico de América Latina: una aproximación basada en un modelo de ecuaciones simultáneas. Cepal.
- Alderete, M. (2017). An approach to the broadband effect on Latin American growth: a structural model. Cuadernos de Economía, vol. 36, N.º 71.
- Angrist, J. D., Imbens, G. W., & Rubin, D. B. (1996). Identification of causal effects using instrumental variables. *Journal of the American Statistical Association*, 91(434), 444–455. <https://doi.org/10.1080/01621459.1996.10476902>
- Angrist, J. D., & Pischke, J.-S. (2009). *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc4j72>
- Barrantes Cáceres, R. y Vargas E. (2016), “Detrás de las diferencias en la riqueza informacional: análisis del acceso y la apropiación diferenciada de Internet en tres metrópolis de LAC”, documento presentado en CPR LATAM Conference, Cancún, 22 y 23 de junio.
- Belo, R., Ferreira, P., & Telang, R. (2013). Broadband in School: Impact on Student Performance. *Management Science*, 60(2), 265–282. doi:10.1287/mnsc.2013.1770
- Bertrand, M., Duo, E. and Mullainathan, S. (2004). How much should we trust differences-in-differences estimates? *Quarterly Journal of Economics* 119, 249-275.
- Canzian, G., Poy, S., & Schüller, S. (2019). Broadband upgrade and firm performance in rural areas: Quasi-experimental evidence. *Regional Science and Urban Economics*. doi: 10.1016/j.regsciurbeco.2019.03.002
- Cepal (2013) Economía digital para el cambio estructural y la igualdad. Recuperado de: https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/3/54303/economia_digital_para_cambio.pdf
- Conroy, T. y Low, S. (2022). Entrepreneurship, broadband and gender: Evidence from establishment births in rural America. *International Regional Science Review*.
- Crandall, R., Lehr, W., & Litan, R. (2007). The effects of broadband deployment on output and employment: A cross-sectional analysis of U. S. Data. *Issues in Economic Policy*, 6, 1-35.

- Czernich, N., Falck, O., Kretschmet, T., & Woessmann, L. (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *The Economic Journal*, vol. 121, N.º 552.
- De los Ríos, C. (2010). Impacto del uso de internet en el bienestar de los hogares peruanos. Evidencia de un panel de hogares 2007-2009. Instituto de Estudios Peruanos-DIRSI.
- Ericsson, Arthur D. Little, & Chalmers University of Technology. (2011). Socioeconomic effects of broadband speed.
- Ericsson (2013). Measuring the impact of broadband on income. En colaboración con Chalmers y Arthur D. Little. Recuperado de:
<http://mb.cision.com/Public/15448/2245698/be001c2543ce4e62.pdf>
- García, L. (2011). Econometría de evaluación de impacto. *Economía* Vol. XXXIV, N.º 67, semestre enero-junio 2011, pp. 81-125 / ISSN 0254-4415.
- García-Mora, F., & Mora-Rivera, J. (2021). Exploring the impacts of internet access on poverty: A regional analysis of rural Mexico. *New Media & Society*, 25(1), 26-49.
<https://doi.org/10.1177/14614448211000650>
- Gertler, P., Martinez, S., Rawlings, L., Premand, O., Vermeersch, C. (2017). La evaluación de impacto en la práctica, Segunda Edición. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo y Banco Mundial. doi:10.1596/978-1-4648-0888-3.
- Gi-Soon, Song (2005). The impact of information and communication technologies (ICTs) on rural households: A holistic approach applied to the case of Lao People's Democratic Republic. Jakarta: UNV/UNDP.
- Guevara, D., y Nalvarte, M. (2022). El impacto de la infraestructura de telecomunicaciones en el crecimiento económico de Latinoamérica en el periodo de 2010 al 2017 [Tesis para optar el título profesional de economista]. Universidad de Lima.
- Henriksen, A., Zoghbi, A., Tannuri-Pianto, M., & Terra, R. (2022) Education outcomes of broadband expansion in brazilian municipalities.
<https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2022.100983>
- Isley, C., & Low, S. A. (2022). Broadband adoption and availability: Impact on rural employment during COVID-19. *Telecommunications policy*, 46(7), 102310.
<https://doi.org/10.1016/j.telpol.2022.102310>
- Johnson, B. C., Manyika, J. M. & Yee, L. A. (2005) Análisis para la Universidad de Berkeley. Publicado en 2009 *Information and communications for development: Extending reach and increasing impact*, Banco Mundial, 2009. Recuperado de:
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2636>

- Jung, J., & López-Bazo, E. (2019). On the regional impact of broadband on productivity: The case of Brazil. *Telecommunications Policy*. doi:10.1016/j.telpol.2019.05.002
- Katz, R. L. (2009). The economic and social impact of telecommunications output. *Intereconomics* 44, 41–48. <https://doi.org/10.1007/s10272-009-0276-0>
- Katz, R., Jung, J., y Callorda, F. (2022). El papel de la economía digital en la recuperación económica de América Latina y El Caribe. *Telecom Advisory Services*. www.millicom.com/media/5157/katz-informe-latam-completo-junio-2022.pdf
- Kho, K., Lakdawala, L., & Nakasone, E. (2018). Impact of internet access on student learning in peruvian schools (N.º 2018–3; Working Papers). Michigan State University, Department of Economics. https://ideas.repec.org/p/ris/msuecw/2018_003.html
- Kolko J. (2012). Broadband and local growth, *Journal of Urban Economics*, Volume 71, Issue 1, Pages 100-113, ISSN 0094-1190, <https://doi.org/10.1016/j.jue.2011.07.004>.
- Koutroumpis, P. (2009). The economic impact of broadband on growth: a simultaneous approach. *Telecommunications Policy*, vol. 33, N.º 9.
- Liang, K. and Zeger, S. (1986). Longitudinal data analysis using generalized linear models. *Biometrika* 73, 13-22.
- Maldonado, S. (2017). The non-monotonic political effects of resource booms. Universidad del Rosario.
- Oficina del Censo de los Estados Unidos (2021). United States Census Bureau. 1st quarter 2021 retail e-commerce sales report retrieved from <https://www.census.gov/retail/index.html#ecommerce>
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2009), *Communications outlook 2009*, Paris, OECD Publishing.
- OECD (2009). *Digital economy papers*, N.º 154, Paris, OECD Publishing.
- Pandit, A., Mahashabde R., Brown C., Acharya, M., Shoults, C., Eswaran, H., & Hayes, C. (2023). Association between broadband capacity and telehealth utilization among Medicare fee-for-service beneficiaries during the COVID-19 pandemic. *Journal of Telemedicine and Telecare*. doi:10.1177/1357633X231166026
- Plan Nacional de Electrificación Rural, 2011-2020 (2010). Ministerio de Energía y Minas.
- Pronatel (2021). Conectividad rural: Una mirada prospectiva del Programa Nacional de Telecomunicaciones. Septiembre. Reporte anual.

- Pronatel (2022). Contribución de Pronatel al cierre de la brecha digital en el Perú. En <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4228612/Contribucion%CC%81n%20de%20Pronatel%20al%20cierre%20de%20brechasC.pdf.pdf>
- Rampersad, G., & Troshani, I. (2018). Impact of high-speed broadband on innovation in rural firms. *Information Technology for Development*, 1–19. doi:10.1080/02681102.2018.1491824
- Reynolds, T. (2009), "The Role of Communication Infrastructure Investment in Economic Recovery", OECD Digital Economy Papers, N.º 154, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/222432403368>.
- Telefónica. (2021). Measuring the socio-economic impact of high-speed broadband deployment in rural areas of Spain. En <https://www.telefonica.com/es/wp-content/uploads/sites/4/2021/08/telefonica-broadband-rural-areas.pdf>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT (2005), "The Internet of things", ITU Internet Reports, Ginebra. En <https://www.itu.int/pub/S-POL-IR/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones - UIT (2006), "Digital life", ITU Internet Reports, Ginebra. En <https://www.itu.int/pub/S-POL-IR/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2020). La contribución económica de la banda ancha, la digitalización y la regulación de las TIC: modelización econométrica para las Américas, Ginebra. En https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-EF.BDT_AM-2019-PDF-S.pdf
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (2022). State of broadband report 2022: Geneva: International Telecommunication Union and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2022. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. En https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/pol/S-POL-BROADBAND.26-2022-PDF-E.pdf
- Valentín-Sívico, J., Canfield, C., Low, S. A., Gollnick, C. (2023). Evaluating the impact of broadband access and internet use in a small underserved rural community, *Telecommunications Policy*, Volume 47, Issue 4, 2023, 102499, ISSN 0308-5961, <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102499>.
- White, H. (1980). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heterocedasticity. *Econometrica* 48, 817-838.

Anexos

Anexo 1

Proyectos Regionales de Banda Ancha

CUI	Proyecto	Empresa concesionaria	Estado		Inicio de operaciones	Inversión (S/)	Población beneficiaria	Localidades beneficiarias	Fibra óptica (km)
2168309	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Lambayeque.	TELEFÓNICA DEL PERÚ S. A. A.	Operación mantenimiento	y	01/01/2021	122 551 762,07	278 000	36 distritos 360 centros poblados 505 entidades públicas	660
2250054	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Huancavelica.	GILAT NETWORKS PERÚ S. A.	Operación mantenimiento	y	18/06/2019	221 398 554,20	142 327	92 distritos 354 centros poblados 710 entidades públicas	1297
2250056	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Apurímac.	GILAT NETWORKS PERÚ S. A.	Operación mantenimiento	y	28/06/2019	190 621 222,85	123 083	82 distritos 285 centros poblados 668 entidades públicas	1224
2250146	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Ayacucho.	GILAT NETWORKS PERÚ S. A.	Operación mantenimiento	y	17/07/2019	247 228 177,38	178 904	108 distritos 350 centros poblados 731 entidades públicas	1889
2250147	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Tumbes.	FOLEY HOAG LLP	PARALIZADA						
2250179	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Piura.	FOLEY HOAG LLP	PARALIZADA						
2250145	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Cajamarca.	FOLEY HOAG LLP	PARALIZADA						
2250264	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Cusco.	GILAT NETWORKS PERÚ S. A.	Operación mantenimiento	y	24/04/2021	256 797 214,75	183 671	94 distritos 371 centros poblados 615 entidades públicas	2105
2261217	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Ica.	GILAT NETWORKS PERÚ S. A.	Operación mantenimiento	y	31/03/2023	149 947 841,29	82 064	43 distritos 85 centros poblados 132 entidades públicas	938
2261808	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Lima.	AMÉRICA MÓVIL PERÚ S. A. C.	Operación mantenimiento	y	21/04/2021	274 154 476,00	193 071	121 distritos 291 centros poblados 477 entidades públicas	1797
2269037	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Amazonas.	GILAT NETWORKS PERÚ S. A.	En ejecución			324 072 569,69	214 984	77 distritos 268 centros poblados 516 entidades públicas	1255

2263639	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Junín.	OROCOM S. A. C.	En ejecución		329 167 185,48	285 337	107 distritos 353 centros poblados 558 entidades públicas	1845
2263593	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Puno.	OROCOM S. A. C.	En ejecución		403 905 819,16	269 992	109 distritos 418 centros poblados 857 entidades públicas	2556
2258787	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Tacna.	OROCOM S. A. C.	Operación y mantenimiento	22/07/2022	84 293 432,34	39 714	21 distritos 52 centros poblados 103 entidades públicas	630
2274206	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Moquegua.	OROCOM S. A. C.	Operación y mantenimiento	22/07/2022	89 417 123,18	47 615	18 distritos 66 centros poblados 107 entidades públicas	586
2273538	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Áncash.	YOFC S. A. C.	PERÚ En ejecución		355 597 861,56	187 638	155 distritos 481 centros poblados 817 entidades públicas	1777
2317548	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Arequipa.	YOFC S. A. C.	PERÚ En ejecución		296 246 882,06	169 794	88 distritos 252 centros poblados 442 entidades públicas	2669
2338303	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Huánuco.	BANDTEL S. A. C.	En ejecución		246 546 815,76	167 008	79 distritos 348 centros poblados 516 entidades públicas	1348
2338025	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región la Libertad.	YOFC S. A. C.	PERÚ En ejecución		368 785 196,06	305 310	68 distritos 730 centros poblados 959 entidades públicas	1466
2337878	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región Pasco.	BANDTEL S. A. C.	En ejecución		187 053 117,1	127 764	28 distritos 264 centros poblados 545 entidades públicas	1022
2331656	Instalación de banda ancha para la conectividad integral y desarrollo social de la región San Martín.	YOFC S. A. C.	PERÚ En ejecución		208 545 406,13	114 575	56 distritos 220 centros poblados 371 entidades públicas	1359

Fuente: Pronatel

Anexo 2

Normativa relevante vigente

Sumilla	Dispositivo	Fecha de publicación
Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Fiscalización y Sanción en la Prestación de Servicios y Actividades de Comunicaciones de Competencia del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.	D. S. N.° 028-2019-MTC	03/08/2019
Decreto Supremo que establece el mecanismo para la contratación y forma de pago del servicio de conectividad de banda ancha y servicios de telecomunicaciones complementarios.	D. S. N.° 016-2019-MTC	28/05/2019
Decreto Supremo que modifica diversos artículos y el Anexo 2 del Reglamento de la Ley N.° 29022, Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N.° 003-2015-MTC.	D. S. N.° 004-2019 MTC	17/02/2019
Decreto Supremo que dispone la fusión del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la creación del Programa Nacional de Telecomunicaciones.	D. S. N.° 018-2018-MTC	10/12/2018
Resolución Ministerial que aprueban la Velocidad mínima para el acceso a internet de banda ancha para internet fijo y móvil.	R. M. N.° 482-2018-MTC/01.03	28/06/2018
Reglamento de la Ley N.° 29904, Ley de la promoción de banda ancha y construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica.	D. S. N.° 014-2013-MTC	04/11/2013
Ley de promoción de la banda ancha y construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica	Ley N.° 29904	20/07/2012
Política nacional de obligatorio cumplimiento, que el país cuente con una red dorsal de fibra óptica que facilite el acceso de la población a internet de banda ancha y que se promueva la competencia en la prestación de este servicio.	Decreto Supremo N.° 034-2010-MTC	24/07/2010
Decreto Legislativo que establece medidas para propiciar la inversión en materia de servicios públicos y obras públicas de infraestructura.	Decreto Legislativo N.° 1014	16/05/2008
Ley para la expansión de infraestructura en telecomunicaciones y su Reglamento.	Ley N.° 29022	20/05/2007
Lineamientos para desarrollar y consolidar la competencia y la expansión de los servicios de telecomunicaciones en el Perú y sus modificatorias.	Decreto Supremo N.° 003-2007-MTC	02/02/2007
Reglamento de calidad de los servicios de telecomunicaciones	Resolución de Consejo Directivo N.° 040-2005-CD/OSIPTEL	16/06/2005
El Texto Único Ordenado del Reglamento General de la Ley de Telecomunicaciones y sus modificatorias.	Decreto Supremo N.° 027-2004-MTC.	15/07/2004
Las Condiciones de Uso de los Servicios Públicos de Telecomunicaciones y sus modificatorias.	Resolución N.° 116-2003-CD/OSIPTEL.	11/12/2003
Lineamientos de política de apertura del mercado de telecomunicaciones del Perú y sus modificatorias.	Decreto Supremo N.° 020-98-MTC	04/08/1998
El Texto Único Ordenado de la Ley de Telecomunicaciones y sus modificatorias.	Decreto Supremo N.° 013-93-TCC.	28/04/1993

Elaboración propia

Anexo 3

Tasa de aprobación escolar

Variables	(1) dtaprobar	(2) dtaprobar	(3) dtaprobar	(4) dtaprobar	(5) dtaprobar
tratado	0,193** (0,0761)	0,180** (0,0724)	0,224** (0,0922)	0,236** (0,103)	0,332** (0,52)
lnpbi		0,00551 (0,00341)	0,00826** (0,00403)	0,00906** (0,00441)	0,0506** (0,0212)
Intrans		-0,00411 (0,00428)	-0,00479 (0,00470)	-0,00546 (0,00496)	-0,0282** (0,0132)
dmovil			-0,00315 (0,00878)	-0,00191 (0,00874)	0,00399 (0,00929)
dsbasico				-0,00426 (0,00889)	-0,0116 (0,0120)
dtbasico				-0,12 (0,149)	-0,0854 (0,145)
dens					-0,000607** (0,000263)
Constant	0,961*** (0,00516)	0,955*** (0,0561)	0,927*** (0,0599)	0,928*** (0,0607)	0,735*** (0,107)
Dummy year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	4 895	4 895	4 504	4 504	4 504
Wald test	chi-sq(8) = 21,82 Prob > chi-sq = 0,0053	chi-sq(10) = 23,05 Prob > chi-sq = 0,0106	chi-sq(11) = 20,44 Prob > chi-sq = 0,0396	chi-sq(13) = 21,13 Prob > chi-sq = 0,0705	chi-sq(14) = 19,28 Prob > chi-sq = 0,1543

Standard errors are clustered at district levels. Standard errors are in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Elaboración propia

Ingresos en logaritmos

Variables	(6) lningreso	(7) lningreso	(8) lningreso	(9) lningreso	(10) lningreso
tratado	6,038*** (1,650)	5,565*** (1,362)	1,003 (0,803)	-0,00832 (0,831)	0,368 (1,249)
lnpbi		0,628*** (0,0754)	0,465*** (0,0406)	0,408*** (0,0413)	0,556*** (0,201)
Intrans		-0,776*** (0,0828)	-0,627*** (0,0419)	-0,579*** (0,0426)	-0,659*** (0,122)
dmovil			1,227*** (0,0897)	1,184*** (0,0876)	1,193*** (0,0853)
dsbasico				0,322*** (0,0634)	0,298*** (0,0806)
dtbasico				2,546*** (0,684)	2,610*** (0,705)
dens					-0,00204 (0,00229)
Constant	6,344*** (0,0344)	11,94*** (1,024)	10,62*** (0,492)	10,55*** (0,470)	9,855*** (0,892)
Dummy year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	6076	6076	5618	5618	5618
Wald test	chi-sq(8) = 60,83	chi-sq(10) = 148,61	chi-sq(11) = 860,35	chi-sq(13) = 1048,99	chi-sq(14) = 1046,86

Prob > chi-sq = 0,0000 Prob > chi-sq = 0,0000 Prob > chi-sq = 0,0000 Prob > chi-sq = 0,0000 Prob > chi-sq = 0,0000

Standard errors are clustered at district levels. Standard errors are in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Elaboración propia

Ingreso per-cápita en logaritmos

Variables	(11) lningresopc	(12) lningresopc	(13) lningresopc	(14) lningresopc	(15) lningresopc
tratado	6,110*** (1,681)	5,746*** (1,411)	1,843** (0,926)	0,873 (0,920)	1,645 (1,468)
lnpbi		0,637*** (0,0777)	0,505*** (0,0460)	0,452*** (0,0449)	0,754*** (0,234)
Intrans		-0,810*** (0,0866)	-0,684*** (0,0487)	-0,639*** (0,0469)	-0,804*** (0,142)
dmovil			1,065*** (0,0909)	1,026*** (0,0873)	1,044*** (0,0877)
dsbasico				0,312*** (0,0703)	0,262*** (0,0967)
dtbasico				2,028** (0,845)	2,159** (0,887)
dens					-0,00419 (0,00266)
Constant	5,314*** (0,0339)	11,45*** (1,069)	10,23*** (0,573)	10,16*** (0,521)	8,748*** (1,037)
Dummy year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	6 076	6 076	5 618	5 618	5 618
Wald test	chi-sq(8) = 61,77 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(10) = 146,53 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(11) = 645,41 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(13) = 871,90 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(14) = 799,60 Prob > chi-sq = 0,0000

Standard errors are clustered at district levels. Standard errors are in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Elaboración propia

Número de horas trabajadas

Variables	(16) dhtrabajo	(17) dhtrabajo	(18) dhtrabajo	(19) dhtrabajo	(20) dhtrabajo
tratado	60,85** (25,09)	51,39** (21,53)	-57,74** (25,87)	-71,05** (30,64)	-93,31* (50,80)
lnpbi		6,287*** (0,993)	2,027 (1,279)	1,22 (1,523)	-7,247 (7,835)
Intrans		-6,789*** (1,161)	-3,278** (1,391)	-2,606 (1,601)	1,989 (4,833)
dmovil			26,94*** (2,081)	26,39*** (2,148)	25,90*** (2,221)
dsbasico				3,903* (2,295)	5,339 (3,290)
dtbasico				56,39*** (11,43)	52,65*** (12,07)
dens					0,117 (0,0894)
Constant	69,96***	106,0***	83,40***	82,66***	122,5***

	(0,826)	(14,70)	(15,18)	(16,36)	(34,06)
<i>Dummy year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Observations</i>	6 118	6 118	5 660	5 660	5 660
Wald test	chi-sq(8) = 36,75 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(10) = 83,77 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(11) = 250,69 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(13) = 270,48 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(14) = 260,61 Prob > chi-sq = 0,0000

Standard errors are clustered at district levels. Standard errors are in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Elaboración propia

Tiempo de espera de cita en días

	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)
<i>Variables</i>	dhcita	dhcita	dhcita	dhcita	dhcita
tratado	0,311 (0,212)	-0,0704 (0,188)	-0,497** (0,247)	-0,483* (0,265)	-0,634* (0,351)
lnpbi		0,0629*** (0,00979)	0,0506*** (0,0129)	0,0507*** (0,0137)	-0,024 (0,0485)
Intrans		-0,00627 (0,0123)	0,000557 (0,0144)	0,00058 (0,0148)	0,0386 (0,0285)
dmovil			0,125*** (0,0264)	0,125*** (0,0263)	0,117*** (0,0262)
dsbasico				-0,00733 (0,0244)	0,0031 (0,0286)
dtbasico				0,241 (0,276)	0,176 (0,303)
dens					0,00109* (0,000581)
<i>Constant</i>	0,210*** (0,0114)	-0,683*** (0,164)	-0,718*** (0,186)	-0,719*** (0,185)	-0,317 (0,315)
<i>Dummy year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Observations</i>	5 072	5 072	4 665	4 665	4 665
Wald test	chi-sq(8) = 16,78 Prob > chi-sq = 0,0325	chi-sq(10) = 131,38 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(11) = 127,80 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(13) = 135,25 Prob > chi-sq = 0,0000	chi-sq(14) = 131,39 Prob > chi-sq = 0,0000

Standard errors are clustered at district levels. Standard errors are in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Elaboración propia

Tiempo de espera de cita en minutos

	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
<i>Variables</i>	dmcita	dmcita	dmcita	dmcita	dmcita
tratado	-0,818*** (0,267)	-0,340* (0,203)	0,341 (0,248)	0,394 (0,269)	0,55 (0,354)
lnpbi		-0,118*** (0,0119)	-0,0959*** (0,0134)	-0,0911*** (0,0144)	-0,0144 (0,0499)
Intrans		0,0603*** (0,0142)	0,0464*** (0,0154)	0,0429*** (0,0161)	0,0038 (0,0297)
dmovil			-0,199*** (0,0279)	-0,192*** (0,0282)	-0,184*** (0,0282)
dsbasico				-0,0196 (0,0254)	-0,0303 (0,0292)
dtbasico				-0,939***	-0,872**

				(0,334)	(0,365)
dens					-0,00112*
					(0,000598)
<i>Constant</i>	0,745***	1,438***	1,509***	1,502***	1,089***
	(0,0124)	(0,195)	(0,204)	(0,206)	(0,331)
<i>Dummy year</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>Observations</i>	5 072	5 072	4 665	4 665	4 665
Wald test	chi-sq(8) = 25,28	chi-sq(10) = 156,92	chi-sq(11) = 209,31	chi-sq(13) = 224,65	chi-sq(14) = 217,20
	Prob > chi-sq =	Prob > chi-sq =	Prob > chi-sq =	Prob > chi-sq =	Prob > chi-sq =
	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Standard errors are clustered at district levels. Standard errors are in parentheses

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Elaboración propia

Impacto en la salud pública y beneficios económicos del tratamiento de las aguas residuales: análisis de los casos de las PTAR Cusco y Cajamarca

Resumen

El presente estudio cuantifica los beneficios económicos que se generarían si se trataran las aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco, y se evitara que la población del ámbito de influencia de sus vertimientos se exponga directamente a las aguas contaminadas. Los resultados de la investigación resaltan la importancia que tiene para la sociedad la ejecución de proyectos de tratamiento de aguas residuales. Concentrándonos solamente en los beneficios económicos que se generarían al reducirse los niveles de anemia y desnutrición crónica, y de enfermedades diarreicas y respiratorias agudas, el beneficio total per cápita en Cajamarca ascendería a 96 soles anuales, y en Cusco a 199 soles anuales. Finalmente, de la comparación de los beneficios económicos que se generarían al tratarse las aguas residuales con los costos sociales asociados al uso de recursos públicos para cumplir con las obligaciones que contraerían el Estado y las empresas prestadoras con las empresas concesionarias de los proyectos Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Cajamarca y Cusco, promovidos por ProInversión a través de asociaciones público privadas (APP), concluimos que los beneficios económicos estimados serían mayores a los costos sociales de los proyectos PTAR Cajamarca y PTAR Cusco, cuando utilizamos una tasa de descuento dual.

Palabras clave: beneficios económicos, salud, anemia, tratamiento de aguas residuales, disposición a pagar.

Abstract

The present study quantifies the economic benefits that would be generated by treating the wastewater of the cities of Cajamarca and Cusco, thereby preventing the population within the area of influence of their discharges from being directly exposed to contaminated waters. The research results highlight the societal importance of implementing wastewater treatment projects. Focusing solely on the economic benefits derived from reducing levels of anemia, chronic malnutrition, and acute diarrheal and respiratory diseases, the total per capita benefit would amount to 96 soles annually in Cajamarca and 199 soles annually in Cusco. Finally, by comparing the economic benefits of treating wastewater with the social costs associated with the use of public resources to meet the obligations assumed by the State and the service providers toward the concessionaire companies of the Cajamarca and Cusco Wastewater Treatment Plant (WWTP) projects, promoted by ProInversión through public-private partnerships (PPPs), we conclude that the estimated economic benefits would outweigh the social costs of the WWTP Cajamarca and WWTP Cusco projects when applying a dual discount rate.

Keywords: economic benefits, health, anemia, wastewater treatment, willingness to pay.

El autor del presente trabajo de investigación es Iván Mirko Lucich Larrauri. Este documento fue reviamente publicado por Proinversión con los aportes derivados del proceso de revisión por pares, en el marco de la Red de Evaluación y Buenas Prácticas en APP (Red APP) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y está disponible en:

https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/1/JER/SALUD_PUBLICA_AGUAS_RESIDUALES/Salud-publica-beneficios-economicos-tratamiento-aguas-residuales.pdf

* Los editores agradecen a Roxana Barrantes por sus valiosos comentarios y sugerencias.

Acrónicos y Siglas

AR	: Aguas residuales
APP	: Asociación público privada
Cenan	: Centro Nacional de Alimentación, Nutrición y Vida Saludable
DAP	: Disposición a pagar
EDA	: Enfermedades diarreicas agudas
Enaho	: Encuesta Nacional de Hogares
Endes	: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar
EPS	: Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento
Escale	: Estadística de la Calidad Educativa
IRA	: Infecciones respiratorias agudas
MVCS	: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
PTAR	: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Sicap	: Sistema de Captura y Transferencia de Datos de la Sunass
Sunass	: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
TAR	: Tratamiento de aguas residuales

1. Introducción

El tratamiento de las aguas residuales genera importantes beneficios para la sociedad, siendo los más destacados la reducción de las afectaciones a la salud de las personas y de los ecosistemas, la mejora en la belleza paisajística, el aumento del valor predial, el impulso del turismo y de la actividad económica, entre otros. De estos, el principal beneficio es la reducción de la prevalencia de enfermedades transmitidas por el contacto directo de las personas con las aguas contaminadas, como son la anemia, la desnutrición crónica, el cólera, la tifoidea, la hepatitis, la diarrea, las enfermedades respiratorias, entre otras.

Estas enfermedades generan mortalidad y pérdidas económicas a los hogares y al Estado. Sin embargo, muchas de estas enfermedades también se pueden contraer por otros factores, como la pobreza, falta de hierro y de vitamina A, etc. Pero no solo la exposición a las aguas residuales y la falta de servicios de recolección y tratamiento de estas aguas impacta en la salud de las personas, sino también los malos hábitos de higiene y la inexistencia de sanitarios dentro del hogar. Estas condiciones hacen propicia la transmisión de enfermedades desde las heces de una persona contagiada hacia la boca de otra persona vulnerable, como los niños menores de cinco años.

La política pública de tratamiento de las aguas residuales debe evitar la exposición de la población a las aguas contaminadas; y con ello, disminuirá la mortalidad y la prevalencia de las enfermedades señaladas anteriormente.

La literatura se ha enfocado en cuantificar los efectos, en la salud, del acceso al agua potable y alcantarillado, pero muy poco esfuerzo ha dedicado a cuantificar los efectos que tiene sobre la economía la exposición de las personas a las aguas residuales, puesto que resulta complejo cuantificar los beneficios que genera a la población la implementación de un proyecto de reducción o control de las aguas residuales, ya que los efectos de la contaminación sobre un cuerpo receptor no son transables en el mercado y, además, porque estos efectos, que impactan primero sobre la salud y luego sobre el presupuesto y capacidades humanas, no son directos ni rápidamente identificables. Las afectaciones a la salud demoran en manifestarse y en ser identificadas.

El objetivo del presente estudio es cuantificar los beneficios económicos que genera a la sociedad el control y tratamiento de las aguas residuales (TAR) en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco, al evitar que su población se exponga directamente a estas aguas y se enferme. La exposición de la población a los efectos de las aguas residuales provoca que los hogares incurran en mayores gastos en salud y pierdan ingresos para su manutención; y que el Estado destine mayores recursos del presupuesto público al sector Salud y al sector Educación, por los efectos que generan estas aguas en la salud pública y en la educación de los niños y las niñas. Otro propósito de este estudio es comparar los beneficios que genera el TAR con los costos sociales asociados a los recursos públicos que se utilizarían para cumplir con las obligaciones que contraerían el Estado y las empresas prestadoras, con las empresas concesionarias de los proyectos PTAR Cajamarca y PTAR Cusco, promovidos por ProInversión a través de APP.

Del conjunto de enfermedades asociadas a la exposición de la población a las aguas residuales (AR) nos hemos centrado específicamente en anemia, desnutrición crónica, enfermedades diarreicas agudas (EDA) e infecciones respiratorias agudas (IRA). Existe una relación de causalidad que tiene lugar desde la ocurrencia de la EDA hasta la IRA, pasando por la anemia y la desnutrición. La prevalencia de la IRA tiene que ver con la vulnerabilidad del

organismo ante la pérdida de micronutrientes. El vertimiento de las aguas residuales afecta a la salud a través de la generación de diarrea, que a su vez provoca anemia y desnutrición, y la desnutrición genera otras enfermedades, como las IRA. Estos episodios no solo ocasionan gastos en salud y pérdida de ingresos a la población en el corto plazo, sino que también generan reducción de las capacidades mentales y laborales que posteriormente devendrán en pérdida de producción, de ingresos y de productividad en la economía.

El elemento central para la valoración de los beneficios de los proyectos PTAR es la cuantificación del nivel de afectación que generan las aguas residuales sobre la salud de las personas, la misma que está basada en la estimación de la función de prevalencia de anemia y en la función de prevalencia de enfermedades vinculadas predominantemente a EDA e IRA, y en la estimación del impacto económico que generan estas enfermedades.

En este estudio utilizamos las funciones de prevalencia de enfermedades de dos formas diferentes, una forma para cuantificar la pérdida de producción e ingreso de las personas que sufren y han sufrido de anemia en su niñez, y la otra forma, para cuantificar las diferentes acciones y los costos en los que incurren los hogares para abordar enfermedades como EDA e IRA, puesto que sus efectos son percibidos directamente por la población.

En el caso de la anemia y desnutrición crónica, las familias no perciben los impactos que generan sobre la pérdida de producción y de ingresos en el futuro. En cambio, en el caso de EDA e IRA, las familias sí perciben la pérdida de ahorros por una parte y la pérdida de ingresos por otra. La diferenciación de los impactos entre estos dos grupos de enfermedades permite separar la valoración económica de los efectos que genera la anemia y la desnutrición sobre la salud de las personas, de la valoración económica por evitar enfermarse de EDA o IRA, sin generarse superposición, con el propósito de agregar estos valores y evaluar el cambio en el bienestar.

De esta forma, para lograr nuestro objetivo de valorar los beneficios económicos del TAR en el ámbito de influencia de los vertimientos de AR de las ciudades de Cajamarca y Cusco, y de compararlos con los costos sociales asociados a los proyectos PTAR, por una parte, calculamos los beneficios económicos que se generan al reducirse la prevalencia de anemia y desnutrición crónica, y por otra parte, calculamos los beneficios económicos que se generan al reducirse la prevalencia de enfermedades asociadas a las EDA e IRA.

Finalmente, ambos beneficios serán sumados para su comparación con los costos sociales. Para el primer cálculo estimamos el efecto del TAR sobre la disminución de la prevalencia de anemia, y luego valoramos las pérdidas económicas de los hogares y del Estado que se podrían evitar al reducirse la prevalencia de anemia en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales, utilizando la metodología desarrollada por Alcázar (2012) basada en Ross y Horton (1998), y; en Martínez y Fernández (2006).

Para el segundo cálculo, estimamos la máxima disposición a pagar no marginal por evitar las enfermedades diarreicas agudas e infecciones respiratorias agudas, a partir de estimar la probabilidad de enfermarse como función del gasto preventivo y defensivo, utilizando la teoría de la función de producción de salud y gastos preventivos, propuesta por Bartik (1988), Courant & Porter (1981), Harrington & Portney (1987) que han modelado el comportamiento de los individuos considerando que además de valorar los bienes y servicios, valoran su salud.

Finalmente, los beneficios económicos del tratamiento de las aguas residuales en las ciudades de Cajamarca y Cusco que hemos cuantificado en este estudio, serán igual a la suma del valor de los impactos económicos evitados al reducirse la prevalencia de anemia y la máxima disposición a pagar no marginal por evitar las enfermedades diarreicas agudas e infecciones respiratorias agudas.

Consideramos que este estudio sería el primero que utiliza la información sobre el nivel de TAR en el ámbito de las empresas prestadoras (EP) para estimar la prevalencia de anemia y desnutrición crónica, y para cuantificar los beneficios económicos que se obtiene del tratamiento de las aguas residuales en el ámbito de influencia de las EP.

La estructura de este documento es la siguiente: en la próxima sección se presenta la problemática y la propuesta de tratamiento de las aguas residuales en las ciudades de Cajamarca y Cusco. Luego, en la tercera sección, se hace revisión de la literatura sobre la incidencia que tiene el acceso a los servicios de saneamiento sobre la salud de la población. En la sección cuarta se presenta en detalle la estimación de los beneficios económicos que se generan con el tratamiento de las aguas residuales para las ciudades de Cajamarca y Cusco. La comparación de los beneficios económicos con los costos sociales se presenta en la sección quinta. Finalmente, en las dos últimas secciones se presentan las conclusiones y las recomendaciones y agenda pendiente.

2. Problemática y tratamiento de las aguas residuales en Cajamarca y Cusco

En la actualidad, según la Sunass, se trata el 74 % de las aguas residuales en el ámbito de las empresas prestadoras (EP). Del grupo de empresas medianas, se trata el 45 % de las aguas residuales, siendo el nivel de remoción de los factores contaminantes aproximadamente del 50 %. Esto quiere decir que casi el 80 % de las aguas residuales generadas en el ámbito urbano de las EP se vierten al cuerpo receptor sin tratar o con un tratamiento defectuoso, contaminando las fuentes de agua y afectando a la población que las utiliza aguas abajo, ya sea directamente para consumo o indirectamente a través de la ingesta de alimentos regados con estas aguas.

Considerando que la brecha del tratamiento de las aguas residuales, según el Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026, asciende a 70 000 millones de soles, y que la asignación anual a través del Presupuesto Público es de aproximadamente 1500 millones de soles, para los diferentes niveles de Gobierno; el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) ha encargado a PronInversión el diseño, financiamiento, ejecución y operación, y mantenimiento de 17 proyectos de PTAR a través de la modalidad de Asociación Público Privada (APP).

En este marco, es de interés analizar la problemática de dos proyectos de APP: PTAR Cajamarca y PTAR Cusco.

2.1. Creación del servicio de tratamiento de aguas residuales para la disposición final y reusó, mejoramiento y ampliación de la infraestructura de la red de recolección en los distritos de Cajamarca y Los Baños del Inca, en la provincia de Cajamarca

Desde hace más de diez años el sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cajamarca se encuentra colapsado o fuera de servicio. Las lagunas facultativas que trataban antiguamente las aguas residuales de esta ciudad ahora no tienen la capacidad requerida, y su optimización sería inviable. Actualmente, las aguas residuales generadas por la ciudad de Cajamarca se vierten al cauce natural del río Mashcón sin tratamiento, provocando impacto ambiental y afectando la salud pública.

El Proyecto PTAR Cajamarca tiene como propósito solucionar el déficit del tratamiento de las aguas residuales de la ciudad, y evitar su vertimiento a los ríos Mashcón y Chonta. Esto implica definir un nuevo lugar para la PTAR y nuevo trazo para ciertos emisores, así como también, intervenir en los últimos tramos de la red de colectores principales. Los colectores y emisores actuales vierten las aguas residuales al río Mashcón en puntos diferentes, luego de recolectarlas de las áreas de drenaje, mientras que los colectores de Los Baños del Inca vierten directamente al río Chonta. Por lo señalado, el proyecto comprenderá una PTAR y el mejoramiento de la red de colectores existentes y nuevos tramos de colectores.

El monto de inversión del proyecto asciende a S/ 260 931 548 con IGV, y con un OPEX de aproximadamente 30 millones de soles.

Los principales beneficios del proyecto son la disminución de la contaminación de las aguas de los ríos Mashcón y Chonta, la disminución de las enfermedades de la población expuesta a las aguas contaminadas de estos dos ríos y/o que consume alimentos regados con estas aguas, la reducción de la contaminación del aire por gas metano, entre otros.

Consideramos que la disminución de las enfermedades de la población expuesta a las aguas residuales es el efecto más importante. La población beneficiaria del proyecto asciende a 221 949 personas ubicadas en el área urbana del distrito de Cajamarca y en la periurbana y rural del distrito de Los Baños del Inca.

2.2. Proyecto de mejoramiento y ampliación del servicio de tratamiento de aguas residuales para disposición final, e infraestructura de la red de recolección en 5 distritos de la ciudad del Cusco

En la actualidad, la PTAR San Jerónimo trata el 85 % del total de las aguas residuales generadas por la ciudad del Cusco, el resto se descarga directamente al río Huatanay antes de ser recolectadas por las redes de la empresa. Se estima que existen 32 vertimientos con 67 descargas que corresponden en su mayor parte a sectores que no administra Sedacusco. A su vez, la capacidad de tratamiento de la PTAR San Jerónimo resulta insuficiente para tratar la demanda actual y futura de los usuarios conectados a la red de alcantarillado de la empresa.

El proyecto consiste en mejorar y ampliar la PTAR San Jerónimo, considerando un tratamiento físico químico y decantación primaria, seguida de un tratamiento biológico mediante filtros percoladores, en dos etapas, más una decantación secundaria. El proyecto comprende la intervención de colectores principales, tratamiento y disposición final de las aguas residuales a través de la construcción de unidades de tratamiento en la PTAR San Jerónimo.

El monto de inversión del proyecto asciende a S/ 176 462 000 sin IGV. La población beneficiada dentro del área urbana del Cusco será la que reside en los distritos de Wanchaq, Santiago, San Sebastián y San Jerónimo, con un total de 428 450 habitantes. Como parte del área de influencia, se incluye a algunos centros poblados de los distritos de Cusco, Wanchaq, Santiago, San Sebastián, San Jerónimo y Saylla. Además, se han identificado 22 centros poblados rurales potenciales, cuya población es de 2151 habitantes.

Los principales beneficios del proyecto son la disminución de las enfermedades en la población por contacto directo con las aguas residuales y por el consumo de alimentos provenientes de fuentes contaminantes; la disminución de la contaminación hídrica de los cuerpos receptores del río Huatanay, la reducción de la contaminación del aire por gas metano, la reducción de los gastos de atención en salud de la población, la mejora del medio ambiente

de la ciudad del Cusco, el incremento de oportunidades para generar nuevas actividades recreativas y turísticas, entre otras.

3. Revisión de la literatura

La literatura presenta muchos estudios que analizan la incidencia que tiene el acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado sobre la prevalencia de enfermedades como anemia, desnutrición crónica, enfermedades infecciosas respiratorias agudas (IRA) y enfermedades diarreicas agudas (EDA), así como también sobre la deserción escolar; pero son escasos los estudios que cuantifican el impacto económico de la exposición de las personas a las aguas residuales, y más escasos aún son aquellos que cuantifican los beneficios económicos generados al tratarse las aguas residuales (TAR).

De los trabajos que analizan la incidencia que tiene el acceso a los servicios de agua potable y alcantarillado sobre la prevalencia de enfermedades, nos interesan aquellos que se han enfocado en estudiar la mejora en la calidad del agua que consume el hogar a partir de gastos defensivos o preventivos que estos hacen. Entre los principales trabajos, destacamos los de Jamil, Faisal et al. (2021), Charles Abdalla et al. (1992), Nil Adote Abrahams et al. (2000), el de Mi-Jung Um et al. (2002), y el de Roger Loyola y Carlos Soncco (2006).

Respecto al trabajo de Jamil, Faisal et al. (2021), los autores calculan los costos defensivos para evitar la diarrea. Los resultados obtenidos establecen que el nivel de ingreso per cápita y el comportamiento defensivo de los hogares contribuyen de manera importante a reducir la diarrea. La probabilidad de tener diarrea es mayor en los hogares que gastan menos en tratar el agua. La distancia entre la planta potabilizadora y el hogar contribuye a la prevalencia de diarrea. Los hogares que tienen tanques para almacenar el agua tienen mayor probabilidad de contraer la diarrea.

En el trabajo de Charles Abdalla et al. (1992), se estima la probabilidad de realizar gastos defensivos, y a partir ello, cuantifican la magnitud del gasto. Este estudio concluye que los hogares con conocimiento de la contaminación, percepción del riesgo y presencia de niños, emprenden acciones defensivas, y su nivel de gasto se incrementa si tienen niños pequeños.

Nil Adote Abrahams et al. (2000) estudian la elección del comportamiento defensivo de los hogares, estableciendo dos alternativas al statu quo, el consumo de agua en botella o la instalación de un filtro de agua dentro de la vivienda, concluyendo que los gastos en bienes que reducen el riesgo e incrementan la utilidad tienen que ser usados como una medida de gastos defensivos. La percepción del riesgo de la calidad del agua de grifo es importante para ciertos grupos étnicos y etarios que eligen agua embotellada. En cambio, quienes tienen mayores ingresos prefieren el filtro en la llave de agua para abordar la percepción de calidad del agua. Sin embargo, ajustando las diferencias de calidad entre ambas alternativas, el gasto en botellas de agua sobrestima en 12 % los costos evitados.

En el trabajo de Mi-Jung Um et al. (2002), se estima la disposición a pagar de los usuarios por mejorar los niveles aceptables de contaminación del agua del grifo o llave. Concluyen que los hogares están dispuestos a pagar entre USD 4,2 y 6,1 por mes, como monto adicional en el recibo, para mejorar los niveles aceptables de contaminación del agua en la llave.

Finalmente, para el Perú, Roger Loyola y Carlos Soncco (2006) estiman el efecto en la salud de los hogares de zonas urbano-marginales del Callao. Estos autores concluyen que la disposición de los hogares a pagar por evitar enfermarse, asciende a 16 soles mensuales.

Respecto a los trabajos que miden la incidencia del acceso a los servicios de agua potable y saneamiento sobre la deserción escolar, destacamos el trabajo de Ortiz-Correa et al. (2016).

Los autores proponen un modelo de maximización de la utilidad del hogar basado en el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento, a partir del cual se determina la salud del niño y su incidencia en la educación y en el bienestar del hogar. Las estimaciones sugieren que el acceso a los servicios de agua y saneamiento tiene un efecto positivo y significativo en la escolaridad, cuando se mide por el número de años escolares completados.

Entre los estudios que cuantifican el impacto económico de la exposición de las personas a las aguas residuales, destacamos el trabajo de Kontogianni et al. (2003), en Grecia. Estos autores, empleando el método de valoración contingente, estiman la máxima disposición a pagar de las personas para garantizar el pleno funcionamiento de la PTAR Salónica que en su momento se encontraba parcialmente operativa. Por otro lado, Yañez (2007) estima el costo económico de tratar las enfermedades y señala los costos que se pueden ahorrar como consecuencia del tratamiento de las aguas residuales.

Finalmente, de los estudios que cuantifican los beneficios económicos que genera el tratamiento de las aguas residuales, destacamos el trabajo de Ahn et al. (2020). Este trabajo investiga los beneficios sociales de ampliar y modernizar las plantas de tratamiento de aguas residuales en Corea del Sur utilizando el método de valoración contingente. Los resultados muestran que los hogares coreanos, en promedio, están dispuestos a pagar USD 33 al año para mejorar las plantas de tratamiento de aguas residuales. Alrededor del 47 % de los costos del proyecto pueden cubrirse con los beneficios sociales de los que disfrutaban los hogares coreanos. Este estudio sugiere que el Gobierno coreano necesita considerar los beneficios sociales estimados al determinar la escala y el cronograma de los proyectos de mejora. Aun cuando el valor obtenido responde a un contexto diferente, es muy cercano a lo encontrado por Tudela y Rodríguez (2017) para el caso de Puno, en Perú, donde aplicó la misma metodología (USD 3,32 al mes o USD 39,84 al año).

4. Estimación de los beneficios económicos por tratar las aguas residuales

En esta sección presentamos la metodología y los resultados de la estimación de los beneficios económicos que se generarían al tratar las aguas residuales (TAR) en el ámbito de los vertimientos de estas aguas en Cajamarca y Cusco.

Hemos considerado dos tipos de beneficios económicos: i) los beneficios que se generarían al reducirse la prevalencia de anemia y desnutrición crónica y evitar los impactos económicos que estas generan; y, ii) los beneficios que se generarían al evitar que las personas gasten en salud, por enfermedades asociadas a las EDA e IRA, y en gastos preventivos o defensivos; puesto que la exposición de las personas a las aguas residuales, además de incidir en la prevalencia de anemia y desnutrición crónica, incide en EDA e IRA. Estas, además, incrementan su prevalencia en presencia de anemia y desnutrición crónica, por la vulnerabilidad de la salud de las personas. Para el caso de EDA e IRA, más que para el caso de anemia y desnutrición, las familias perciben la pérdida de su bienestar a partir del gasto en el que incurrir para afrontar estas enfermedades, y también por el esfuerzo y el tiempo que ocupan para implementar ciertas medidas de prevención y mitigación.

El daño a la salud, por no contar con una PTAR, también se enfoca en aquellas personas que no cuentan con alcantarillado, o sufren de roturas e interrupciones, justamente porque el sistema de recolección de las aguas residuales se encuentra colapsado.

Desde la perspectiva de la teoría económica, por lo general, las enfermedades o las afectaciones a la salud tienen doble efecto para las personas, por un lado, genera un mayor gasto

vinculado a la prevención y al tratamiento de la enfermedad, y, por otro lado, genera un menor ingreso a lo largo de la vida laboral y la pérdida de capacidades para trabajar. Autores como Freeman (1993), Bartik (1988), Courant & Porter (1981) y Cropper (1981) lo han documentado suficientemente. En el caso de las afectaciones directas a la salud, los gastos defensivos son una buena aproximación a la disposición a pagar de la población o al cambio en el bienestar económico para evitar la afectación.

A su vez, desde la perspectiva de los recursos fiscales, una población con salud resquebrajada genera un mayor gasto al Estado; los presupuestos de los sectores Salud y Educación incrementan sus partidas, sea por la prevención o por la mitigación. Además de las implicancias fiscales que genera una reducción de la productividad en la economía, se reduce la productividad laboral por efecto del impacto en la salud, con efectos tanto temporales como permanentes.

4.1. Beneficios económicos por reducir la anemia y la desnutrición crónica

En esta sección calculamos los beneficios económicos que se generarían en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco, como consecuencia de tratar las aguas residuales y reducir la prevalencia de anemia y desnutrición crónica. Para ello, en primer lugar, estimamos el efecto del TAR sobre la disminución de la prevalencia de anemia, y luego valoramos las pérdidas económicas que se podrían evitar a la sociedad al reducirse esta prevalencia en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco.

Estos dos procesos corresponden a la aplicación del método de la función de producción y costos evitados.

Método de la función de producción y los costos evitados

El método de la función de producción y los costos evitados tiene dos partes: la primera correspondiente a la “función de producción” que se utiliza para medir la relación causa-efecto que genera la contaminación del agua sobre un cuerpo receptor, puede ser el cuerpo humano o un campo de cultivo, pastizales, un lago, un río, entre otros. Epidemiológicamente también se le conoce como la función de dosis-respuesta. Por lo general, mide la probabilidad o prevalencia de afectación de la contaminación sobre un cuerpo receptor. El método trata de encontrar la relación funcional entre el cambio ambiental y las condiciones de producción para ciertos bienes con mercado.

La segunda parte de este método está referida al valor económico del efecto generado que puede medirse a través de los costos incurridos, luego de sucedido el impacto, que de alguna forma busca cubrir el daño o mitigarlo; así como también de los gastos preventivos o de defensa en que se incurre para evitar ser afectado por un daño de probable ocurrencia. En ambas situaciones, sean costos incurridos o gastos preventivos, en caso se dé una mejora en la calidad ambiental del agua, se transforman en costos evitados o presupuesto que se ahorra porque no sucede el impacto.

4.1.1. Disminución de prevalencia de anemia y desnutrición crónica

A continuación, se presenta la estimación de la disminución de la prevalencia de anemia y desnutrición crónica en niños menores de 5 años y en madres gestantes, como consecuencia del TAR en el ámbito de los vertimientos de las empresas prestadoras de servicios de saneamiento de Cusco y Cajamarca, a través de la especificación de un modelo econométrico probit/logit.

El vertimiento de las aguas residuales no tratadas a un cuerpo receptor, afecta principalmente a la población local expuesta a estas, así como también a la población que utiliza como fuente de agua dicho cuerpo receptor. Para la estimación de la disminución de la prevalencia de anemia hemos supuesto que la población afectada se encuentra en los distritos en los que se hallan los vertimientos de la EP y en aquellos distritos por donde discurren estos vertimientos, independientemente estén ubicados, dentro o fuera del ámbito de responsabilidad de la EP.

La incidencia de anemia por exposición a las aguas residuales no solo se da por el vertimiento de estas aguas, sino también por su no recolección desde las viviendas que las generan. Al respecto, es importante considerar también, como variable explicativa de la función de prevalencia de anemia, la cobertura de alcantarillado. La incidencia de la ausencia de alcantarillado sobre la anemia amplifica los efectos generados por el no tratamiento de las aguas residuales. En este sentido, existiría un segundo efecto sobre la prevalencia de anemia en la estimación econométrica, asumiendo que, en gran medida, las poblaciones no son las mismas: una población se ubica en las viviendas que no tienen sistema de recolección de aguas residuales, y la otra población se ubica en las viviendas cercanas a los lugares por donde discurren las aguas residuales vertidas por las empresas prestadoras sobre las que realizamos este estudio. Sin embargo, existe un grupo de personas que recibe un doble impacto por la exposición a las aguas residuales: por las aguas residuales no evacuadas de sus viviendas a través del alcantarillado; y, por las aguas residuales que provienen de otro distrito cuyo prestador no trata dichas aguas.

A continuación, en el cuadro 1, presentamos la descripción de las variables utilizadas en las diferentes especificaciones econométricas de esta sección.

Cuadro 1: Descripción de las variables del modelo de prevalencia de anemia

Variable y abrev.	Definición	Periodicidad y Fuente	Tipo de variable
Anemia (anemia y desnutrición)	<u>Anemia</u> : condición en la que el contenido de hemoglobina en la sangre se encuentra por debajo de valores normales.	Al momento de realizar la encuesta.	<i>Dummy</i> Toma el valor de “1” si el nivel de hemoglobina ajustada por altitud se encuentra entre 1 y 11.
anemia (enfo)	<u>Desnutrición crónica</u> : estado en el cual los niños tienen una baja estatura con relación a una población de referencia. La Enendes mide la anemia en niños menores de 5 años, y también en mujeres de 12 a 49 años.	<u>Fuente</u> : Enendes 2022	Toma el valor de “0” en otro caso.
Desagüe des	Se pregunta sobre el tipo de servicio higiénico del hogar: conectado a la red pública de desagüe (dentro o fuera de la vivienda), letrina, otras.	Al momento de la encuesta. <u>Fuente</u> : Enendes 2022	<i>Dummy</i> Toma el valor de “1” si la vivienda está conectada a la red de desagüe. Toma el valor de “0” en caso contrario.
Tratamiento de aguas residuales.	Nivel de tratamiento de aguas residuales distritales en el	Anual año 2022	Numérica Expresada como el cociente:

Variable y abrev.	Definición	Periodicidad y Fuente	Tipo de variable	
tar	ámbito de las EPS y en el ámbito del vertimiento de las aguas residuales.	<u>Fuente:</u> Sicap (Sunass)	volumen anual/volumen anual.	tratado vertido
Región Cajamarca			<i>Dummy</i>	
dum1	Representa a Cajamarca (Cusco) en relación a las demás regiones.	Anual (año 2022)	Toma el valor de “1” si la región es Cajamarca. Toma el valor de “0” en caso contrario.	
Importancia relativa del TAR en Cajamarca.		Anual (año 2022)	Cofactor	
dum1#tar	Mide “la importancia relativa” o el efecto sobre la anemia, del tratamiento de las aguas residuales en Cajamarca, en relación a otras regiones.	<u>Fuente:</u> Endes 2022		
Hacinamiento		Anual (año 2022)	Numérica	
hacina	Mide el nivel de hacinamiento existente en el hogar.	<u>Fuente:</u> Endes 2022	Expresada como: número de personas en el hogar/número de habitaciones.	
Tratamiento del agua para beber en el hogar.		Anual (año 2022)	<i>Dummy</i>	
tratagua	Establece si el hogar realiza algún tipo de tratamiento al agua, dentro de la vivienda, antes de beberla.	<u>Fuente:</u> Endes 2022	Toma el valor de “1” si el hogar realiza algún tipo de tratamiento al agua antes de beberla. Toma el valor de “0” en caso contrario.	
Importancia relativa del tratamiento de aguas residuales en la ciudad.		Anual (año 2022)	Cofactor	
t*lugar	Mide “la importancia relativa” o efecto sobre la anemia del TAR en la ciudad, en relación a los demás lugares que no son ciudad, como por ejemplo, centros poblados o campos. Ciudad =1 Otro lugar (pequeña ciudad pueblo, campo) =0	<u>Fuente:</u> Endes 2022		

Fuente: Elaboración propia

La información utilizada para estimar el cambio en la prevalencia de anemia en mujeres gestantes y en niños menores de 5 años proviene de la Endes 2022; y aquella referida al “nivel de tratamiento de aguas residuales” en el ámbito de las empresas prestadoras y de las localidades donde estas vierten los desagües, proviene de la Sunass, específicamente del Sistema de Captura de Información (Sicap). Esta información la hemos incorporado como variable “tar” en la Endes 2022 y en la Enaho 2022, utilizando la variable “ubigeo” para cada uno de los distritos que son administrados por las empresas prestadoras y para aquellos distritos que, no formando parte de las EP, reciben las descargas de aguas residuales. Para ello se identificaron los puntos de vertimiento de aguas residuales de cada una de los distritos de las localidades administradas por las EP (tengan o no PTAR), así como los distritos que habrían sido afectados por estos vertimientos. La afectación se daría principalmente en los distritos administrados por la EP en los que se realiza el vertimiento de las aguas residuales, así como también en los distritos ubicados en el recorrido inmediato a tales vertimientos.

Prevalencia de anemia en niños menores de 5 años

Considerando el limitado número de observaciones en los ámbitos de estudio, hemos realizado, para cada caso, dos estimaciones. En la primera estimación medimos la importancia relativa del efecto del TAR en las ciudades de Cajamarca (y luego de Cusco) sobre la prevalencia de anemia en todo el país, en relación al efecto que genera el TAR en las demás ciudades del país. En la segunda estimación, con una especificación econométrica más reducida que la

primera, medimos el efecto del TAR en las ciudades de Cajamarca (y luego de Cusco) sobre la prevalencia de la anemia en sus respectivos ámbitos de vertimiento. En la medida que el efecto del TAR en las ciudades de Cajamarca (y luego de Cusco) sobre la anemia en todo el país sea significativo, la segunda estimación, que tiene lugar solamente en los ámbitos de vertimiento de las ciudades de Cajamarca y Cusco, quedará validada.

Primera estimación:

Habiendo constatado que no existe evidencia de endogeneidad entre la variable independiente, prevalencia de anemia y/o desnutrición crónica, y alguna de las variables explicativas de la especificación econométrica presentada en la ecuación 1, hemos estimado un modelo probit, caso contrario se habría estimado un modelo probit bivariado.

$$\text{Pr}(\text{anemia}(\text{enfo})) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{des} + \beta_2 \cdot \text{tar} + \beta_3 \cdot \text{dum1} + \beta_4 \cdot \text{dum1} \# \text{tar} + \beta_5 \cdot \text{hacina} + \beta_6 \cdot \text{tratagua} + [\beta_7 \cdot \text{t}^* \text{lugar}] \quad (1)$$

La principal consideración de esta estimación es que incluye como variable explicativa el cofactor $\text{dum1} \# \text{tar}$ para medir la importancia en la reducción de la prevalencia de anemia nacional del TAR en las ciudades de Cajamarca (y luego de Cusco), en relación a las demás ciudades del país. Además, el modelo incluye otro cofactor, $\text{t}^* \text{lugar}$, para medir la importancia en la reducción de la prevalencia de anemia por parte de las ciudades del país, en relación al total de lugares diferentes a las ciudades en el Perú.

En esta sección estimamos dos modelos, uno para Cajamarca y otro para Cusco, para explicar el cambio en la prevalencia de anemia en niños menores de 5 años en el ámbito de todos los vertimientos de las empresas prestadoras. En estos dos modelos incorporamos como variable explicativa el cofactor $\text{dum1} \# \text{tar}$, que para el primer modelo mide la importancia relativa en la reducción de la prevalencia de anemia nacional del tratamiento de aguas residuales que tiene lugar en Cajamarca en relación a las demás ciudades del país, y para el segundo modelo mide lo mismo, pero considerando el aporte de la ciudad del Cusco.

Los resultados de las estimaciones que explican el cambio en la prevalencia de anemia en niños menores de 5 años en el ámbito de todos los vertimientos de las empresas prestadoras, los presentamos en el cuadro 2. Estos resultados revelan, para los dos modelos, una buena significancia estadística de los coeficientes. En ambos modelos los signos revelan coherencia con la teoría. Incrementar la cobertura de alcantarillo y tratar las aguas residuales en Cajamarca reduce la prevalencia de anemia, y en Cusco, además de reducir la anemia, reduce la desnutrición crónica. El hacinamiento contribuye a aumentar la prevalencia de anemia y el tratamiento o cuidado del agua dentro del hogar contribuye a su disminución en ambas ciudades.

Cuadro 2: Prevalencia de anemia en niños menores de 5 años

Probit regresión - Prevalencia de anemia - niños menores de 5 años					Probit regresión- Prevalencia de anemia - niños menores de 5 años				
Perú: <i>Dummy</i> : Cajamarca					Perú <i>Dummy</i> : Cusco				
Log Likelihood = -5894,11					Log Likelihood = -6103,7				
Prob >chi2 = 0,000					Prob >chi2 = 0,000				
Rseudo R2 = 0,0251					Rseudo R2 = 0,0328				
Anemia(e nfo)	Coef	Stad.Err	z	P<z	Coef	Stad.Err	z	P<z	
des	-0,28218	0,03033	-9,30	0	-0,34209	0,03000	-11,4	0	
tar	-0,14844	0,03354	-4,42	0	-0,22358	0,03331	-6,71	0	
dum1	-0,21800	0,12065	-1,81	0,07	0,85758	0,25977	3,3	0,001	
dum1#tar	-0,45887	0,25834	-1,78	0,07	-0,55667	0,28331	-1,96	0,049	

hacina	0,10637	0,01055	10,08	0	0,10850	0,01051	10,32	0
tratagua	-0,19527	0,05432	-3,59	0	-0,22207	0,05374	-4,13	0
_cons	-0,31150	0,06427	-4,85	0	-0,11581	0,06346	-1,82	0,068

Delta method					Delta method				
at#Dum1	Margin	Stad.Err	z	P<z	Margin	Stad.Err	z	P<z	
10	0,34618	0,00722	47,91	0	0,39569	53,92	53,92	0	
11	0,27133	0,03856	7,04	0	0,71618	8,36	8,36	0	
20	0,33289	0,00531	62,62	0	0,37490	69,38	69,38	0	
21	0,22448	0,03000	7,48	0	0,64845	9,23	9,23	0	
30	0,31981	0,00479	66,75	0	0,35447	71,89	71,89	0	
31	0,18262	0,03173	5,76	0	0,57568	11,21	11,21	0	
40	0,30695	0,00587	52,2	0	0,33445	54,87	54,87	0	
41	0,14603	0,03727	3,92	0	0,50029	14,04	14,04	0	
50	0,29432	0,00782	37,6	0	0,31490	38,99	38,99	0	
51	0,11473	0,04174	2,75	0,006	0,42495	11,98	11,98	0	

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la importancia del TAR en ambas ciudades, se puede indicar que a medida que aumenta el TAR en todo el país, el efecto del TAR en Cajamarca y en Cusco sobre la prevalencia de anemia en todo el país, en relación al efecto del TAR en el ámbito de todos los vertimientos de las demás ciudades, es muy significativo. El efecto marginal del TAR en Cajamarca sobre la disminución de la prevalencia de anemia en el ámbito de los vertimientos de las EP es del 27 %, mientras que el efecto que generan las demás ciudades es del 34 %. Para el caso de Cusco, el efecto marginal del TAR sobre la disminución de la prevalencia de anemia en el ámbito de los vertimientos de las EP es del 71 %, mientras que el efecto que generan las demás ciudades es del 39 %. En ambos casos, estos efectos van reduciéndose en la medida en que se tratan todas las aguas residuales.

Segunda estimación

La segunda estimación mide el cambio en la prevalencia de anemia en niños menores de 5 años en el ámbito solo de las ciudades de Cajamarca y Cusco. Los resultados muestran que el efecto marginal del tratamiento de las aguas residuales sobre la reducción de la prevalencia de anemia, en promedio, es de 19 puntos porcentuales en Cajamarca, y de 33 puntos porcentuales en Cusco, como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3: Prevalencia de anemia en niños menores de 5 años en Cajamarca y Cusco

<i>Probit</i> regresión - Prevalencia de anemia - niños menores de 5 años Obs = 190 LR chi(1)=6,77					<i>Probit</i> regresión- Prevalencia de anemia - niños menores de 5 años Obs = 228 LR chi(1) = 11,07				
Cajamarca Prob >chi2 = 0,0093 Log Likelihood = -101,78 Rseudo R2 = 0,0322					Cusco Prob >chi2 = 0,0009 Log Likelihood = -150,52 Rseudo R2 = 0,0355				
Anemia	Coef	Stad.Err	z	P<z	Coef	Stad.Err	z	P<z	
tar	-0,63862	0,25313	-2,52	0,012	-0,88555	0,27416	-3,23	0,001	
_cons	-0,52980	0,11781	-4,5	0	0,59199	0,25160	2,35	0,019	
Expresión : Pr(enfo), predict () dy/dx w.r.t : TAR Hacina Delta-method					Expresión : Pr(enfo), predict () dy/dx w.r.t : TAR Hacina Delta-method				
	dy/dx	Stad.Err	z	P<z		dy/dx	Stad.Err	z	P<z
tar	-0,19280	0,07349	-2,62	0,009		-0,33503	0,09619	-3,48	0

Fuente: Elaboración propia

Prevalencia de anemia en mujeres gestantes

En el cuadro 4, mostramos la estimación del cambio en la prevalencia de anemia en las madres gestantes. La metodología y las variables son las mismas que se utilizaron para el caso de los niños menores de 5 años. La diferencia se encuentra en la base de datos utilizada.

Los resultados muestran significancia estadística en los coeficientes del modelo, y los signos revelan coherencia teórica. Incrementar el tratamiento de las aguas residuales reduce la prevalencia de anemia en mujeres gestantes, en cambio el hacinamiento aumenta la prevalencia.

La reducción en la prevalencia de anemia en mujeres gestantes como consecuencia del tratamiento de aguas residuales es del 4 % en Cajamarca y del 15 % en Cusco. Como era de esperarse, el nivel de reducción de la anemia es menor al nivel observado en niños menores de 5 años.

Cuadro 4: Prevalencia de anemia en mujeres gestantes en Cajamarca y Cusco

Probit regresión - Prevalencia de anemia - mujeres gestantes					Probit regresión- Prevalencia de anemia - mujeres gestantes				
Cajamarca					Cusco				
Log Likelihood = -357,71					Log Likelihood = -636,79				
Rseudo R2 = 0,0109					Rseudo R2 = 0,0188				
Anemia	Coef	Stad.Err	z	P<z	Coef	Stad.Err	z	P<z	
tar	-0,24913	0,15507	-1,61	0,108	-0,55602	0,1113	-4,99	0	
t*lugar	-0,24428	0,13532	-1,81	0,071	-----	-----	-----	-----	
hacina	0,08582	0,04188	2,05	0,04	-----	-----	-----	-----	
_cons	-1,24239	0,16637	-7,47	0	-0,37462	0,09900	-3,78	0	
Expresión : Pr(enfo), predict () dy/dx w.r.t : TAR Hacina Delta-method					Expresión : Pr(enfo), predict () dy/dx w.r.t : TAR Hacina Delta-method				
	dy/dx	Stad.Err	z	P<z		Stad.Err	z	P<z	
tar	-0,04905	0,03051	-1,61	0,108	-0,15386	0,030110	-5,11	0	
t*lugar	-0,04770	0,02623	-1,82	0,069	-----	-----	-----	-----	
hacina	0,01689	0,00823	2,05	0,04	-----	-----	-----	-----	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el cuadro 5 se muestra, de manera ordenada, todos los resultados obtenidos en esta sección que serán utilizados en las ecuaciones que se presentan en la siguiente sección, a excepción de la prevalencia de anemia en adultos, cuyo valor lo hemos recogido de la encuesta del Cenan del año 2011, suponiendo de manera conservadora que esta puede disminuir en tan solo 1 %.

Cuadro 5: Cambio en prevalencia de anemia en Cajamarca y Cusco

Ciudades	Grupos	Prevalencia		Cambio en la prevalencia		Población del ámbito	
		Pv	Fuente	ΔPv	Fuente	Población	Fuente
	Niños < 5 ^a	38,1 %	Endes 2022	19 %	Cuadro 3	6554	Enaho 2022
Cajamarca	Mujeres gestantes	11,7 %	Endes 2022	4,9 %	Cuadro 4	83 987	Enaho 2022
	Adultos	2,1 - 4,4 %	Cenan 2011	1 %	Supuesto	217 114	Enaho 2022

Cusco	Niños < 5ª	51,2 %	Endes 2022	33 %	Cuadro 3	4337	Enaho 2022
	Mujeres gestantes	19,7 %	Endes 2022	15 %	Cuadro 4	121 409	Enaho 2022
	Adultos	2,9 – 4,5 %	Cenan 2011	1 %	Supuesto	330 390	Enaho 2022

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Valoración económica de reducir la prevalencia de anemia y desnutrición

Para valorar la pérdida económica que se podría evitar a la sociedad como consecuencia de reducir la prevalencia de anemia y desnutrición crónica, en primer lugar, estimamos el impacto económico que generaría la anemia y desnutrición crónica a las personas y al Estado, y luego, calculamos cuánta de esta pérdida se podría evitar. Para ello, en esta sección utilizaremos la metodología desarrollada por Alcázar (2012) basada en Ross y Horton (1998), y en Martínez y Fernández (2006).

Según Alcázar (2022) y Martínez y Fernández (2006), habría dos efectos que genera la anemia y la desnutrición crónica en el desarrollo intelectual del niño, que tienen repercusión en el bienestar futuro de las personas. El primer efecto es el cognitivo, que repercute sobre la productividad laboral en el futuro de quienes tuvieron anemia cuando niños, y el segundo, es el efecto del desarrollo escolar en las competencias laborales futuras. Este efecto reduce el ingreso percibido por los adultos, al obtener un menor salario como consecuencia del bajo desempeño escolar y las limitadas competencias reveladas en el mercado laboral, en relación con las personas que no sufrieron anemia ni desnutrición crónica cuando fueron niños, lo que permitió que tuvieran más energía y menos dificultades para la atención escolar, y por tanto mayor desempeño escolar. Alcázar (2012) sostiene que estos dos efectos, a pesar de que se superponen, deben ser cuantificados de manera separada. Por una parte, porque la escuela brinda ciertas habilidades que tienen repercusión en el mercado laboral, particularmente sobre el salario, y, por otra parte, porque los estudios utilizados para estimar la repercusión de la anemia por bajo desarrollo cognitivo, no han tomado en cuenta este aspecto.

Además de lo señalado, la anemia y desnutrición crónica genera pérdida de recursos fiscales al Estado, asociados a partos prematuros y, a la repitencia del año escolar por los niños que padecieron anemia.

Finalmente, la anemia también se presenta en la población adulta y tiene un efecto sobre la productividad laboral actual.

Considerando lo señalado, a continuación, estimamos cinco tipos de impactos económicos que genera la anemia y desnutrición crónica en la sociedad, y además, estimamos la incidencia del TAR sobre la reducción de estos impactos.

i. Menor productividad como consecuencia del bajo desarrollo cognitivo de los trabajadores que tuvieron anemia cuando fueron niños.

El bajo desarrollo cognitivo generado por la anemia y la desnutrición crónica, impacta en la productividad laboral de las personas cuando son adultas a través de la reducción del valor agregado por trabajador o del ingreso medio del trabajo.

Siguiendo a Alcázar (2012) y considerando el limitado desarrollo del mercado laboral en el Perú, con un gran número de trabajadores independientes, la pérdida del valor agregado por trabajador la podemos reemplazar por la pérdida de ingreso anual de los trabajadores que sufrieron de anemia cuando fueron niños.

De esta forma, la menor producción resultante del efecto cognitivo que genera la anemia en los trabajadores cuando fueron niños, la podemos calcular a través de la ecuación 2.

Menor producción anual

$$= [\text{efecto pérdida cognitiva}] \times [\text{Ingreso Anual del Trabajador}] \times Pv(\text{niño}) \times \text{Población} \quad (2)$$

Esta ecuación explica la pérdida de producción anual como resultado de multiplicar la pérdida del ingreso anual del trabajador como consecuencia del efecto de la pérdida cognitiva [efecto pérdida cognitiva x Ingreso Anual del Trabajador] por el tamaño de la población que sufrió de anemia cuando fueron niños [Pv(niño) x Población].

Ross y Horton (1998) afirman que el efecto negativo que genera la pérdida cognitiva por anemia, sobre el salario, es del 4 %. Este valor lo fundamenta con los estudios de Pollitt (1983) y de Psacharopoulos y Vélez (1992). Los estudios establecen que la anemia reduce el coeficiente intelectual en 0,5 desviación estándar, y que 1 de desviación estándar en el CI afecta al salario en promedio en 8 % (citado por Alcázar [2012]). Es por ello que este valor (4 %) también es utilizado por Alcázar para el estudio del impacto económico de la anemia en el Perú.

Si se reduce la prevalencia de anemia como consecuencia del TAR, entonces se reducirá en los próximos años la pérdida de la producción anual por el efecto cognitivo que generó la anemia a los niños. A continuación, se presentan estos resultados para Cajamarca y Cusco. Utilizamos la ecuación 2 para estimar el efecto del cambio en la prevalencia de anemia. Los resultados son mostrados en el cuadro 6:

Cuadro 6: Reducción de la pérdida de producción anual por efecto cognitivo como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	Pérdida cognitiva (a)	Ingreso anual (b)	Población laboral (c)	∇ Pv(niño) (d)	Reducción de la pérdida (a*b*c*d)
Cajamarca	4 %	S/ 14 534	138 843	19 %	S/ 15 335 962
Cusco	4 %	S/ 17 439	198 765	33 %	S/ 45 755 708
Fuente	Pollit (1983)	Enaho 2022	Enaho 2022	Cuadro 6	

Fuente: Elaboración propia

ii. Menor ingreso generado como consecuencia de la pérdida de años de escolaridad de los trabajadores que tuvieron anemia cuando eran niños.

La anemia y desnutrición crónica, además de impactar en la productividad de los trabajadores que tuvieron anemia cuando fueron niños, también impacta en los salarios que percibirán estos niños cuando sean adultos.

El menor salario percibido por los trabajadores, en ciertos casos, sería consecuencia de la insuficiente capacidad generada en su escolaridad por la anemia que tuvieron en temprana edad. Una buena porción de niños con anemia pierde años de escolaridad y con ello capacidades para competir en el mercado laboral, en relación con aquellos niños que no sufrieron anemia.

Se ha estimado que los niños con anemia pierden 0,22 años de escolaridad, y que perciben % menos del salario³. Cada año escolar perdido afectará el retorno de la educación expresado en el salario obtenido por cada trabajador.

Estimamos la pérdida de ingresos de todos los trabajadores que tuvieron anemia cuando fueron niños, por haber obtenido menores salarios, multiplicando el ingreso anual que no se genera por cada año de escolaridad perdido, valorado por el retorno de un año más de escolaridad; esto es: [años escolaridad perdidos x retorno por año de educación] x [Ingreso Anual del Trabajador]; por, la población laboral que tuvo anemia cuando niño; esto es: [Pv(niño) x Población], a través de la ecuación 3 que es una simplificación de la presentada por Alcázar (2012).

Menor ingreso =

$$=[\text{años escolaridad perdidos} \times \text{retorno por año de educación}] \times [\text{Ingreso Anual del Trabajador}] \times \text{Pv(niño)} \times \text{Población} \quad (3)$$

Martínez y Fernández (2006) consideran que la pérdida de ingresos de los trabajadores (de un grupo etario) que sufrieron anemia y desnutrición (en relación al ingreso promedio de las personas que no sufrieron), para un determinado nivel de educación, depende del cambio en la probabilidad de alcanzar ese nivel de educación debido a la desnutrición. De este modo, si aumenta la anemia y desnutrición, la probabilidad de alcanzar un nivel educativo disminuye mucho. Si el cambio en la probabilidad de alcanzar ese nivel de educación es grande, el diferencial de ingresos del grupo de personas que tuvo desnutrición cuando niño, también será grande.

Al reducirse la prevalencia de anemia como consecuencia del TAR, se reducirá en los próximos años la pérdida de ingresos por menores salarios obtenidos por los trabajadores que sufrieron anemia cuando fueron niños. Utilizando la ecuación 3, calculamos el cambio en la prevalencia de anemia para Cajamarca y Cusco. Los resultados se presentan en el cuadro 7:

Cuadro 7: Reducción de la pérdida de ingresos anuales por efecto de pérdida de años de escolaridad como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	Ingreso anual (a)	Años perdidos de escolaridad (b)	Retorno por año de educación (c)	Población laboral (d)	∇ Pv(niño) (e)	Reducción de la pérdida a*b*c*d*e
Cajamarca	S/ 14 534	0,22	5 %	138 843	19 %	S/ 4 217 390
Cusco	S/. 17 439	0,22	5 %	198 765	33 %	S/ 12 582 820
Fuente	Enaho 2022	Alcázar (2012)	Yamada (2010)	Enaho 2022	Cuadro 6	

Fuente: Elaboración propia

iii. Menor productividad generada como consecuencia de la anemia que afecta actualmente a la población adulta.

La anemia que se presenta a la población adulta afecta la productividad laboral actual. Siguiendo a Alcázar (2012), este efecto lo podemos expresar como la pérdida de una porción del producto medio del trabajo de cada segmento laboral afectado por la anemia. El segmento laboral se define por el nivel de energía que es requerida por su actividad.

³ Alcázar (2012)

Considerando dos segmentos laborales i y j , la menor productividad generada por la anemia a la población laboral actual, la calculamos de la siguiente forma:

Menor producción / Población =

$$\{[pérdida\ productiv(i)] \times [segmento(i)/PEA] \times [Ingreso\ del\ Trabajador(i)] \times Pv(i)\} + \\ \{[pérdida\ productiv(j)] \times [segmento(j)/PEA] \times [Ingreso\ Trabajador(j)] \times Pv(j)\} \quad (4)$$

De acuerdo a Alcázar (2012) y Ross y Horton (1998), el rango de pérdida de productividad laboral oscila entre el 5 % y el 12 %, según el esfuerzo realizado.

Ahora, considerando que muchos de los adultos también sufrieron anemia cuando niños y repercutió en la productividad laboral por procesos cognitivos, asumiremos, como lo hace Alcázar, que solo al primer grupo poblacional que realiza menor esfuerzo físico, se le restará lo correspondiente a la pérdida por procesos cognitivos (5 % - 4 % del literal i), mientras que para el segundo grupo que realiza un trabajo más intenso se le mantendrá el 12 %. Además, se debe considerar que no necesariamente es la misma población.

Distribuida la población en dos segmentos de actividad, un segmento con mayor requerimiento de energía física en relación al otro, aplicamos al ingreso medio de cada segmento la pérdida del 12 % y del 1 % respectivamente, considerando que el ingreso del segundo segmento ya ha sido afectado por la pérdida cognitiva en 4 %.

Si se reduce la anemia en adultos como consecuencia del TAR, se reducirá la pérdida de productividad actual atribuible a la anemia. A partir de la ecuación 4, calculamos la pérdida que se puede evitar en la productividad de los trabajadores como consecuencia de la reducción de la prevalencia de anemia. Los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8: Pérdida evitada de la productividad actual por anemia en adultos como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	∇ Productividad (a)	Ingreso anual (b)	PEA (c)	∇ Prevalencia de anemia en adultos (d)	Población laboral (e)	Total de pérdida evitada
Cajamarca segmento i	1 %	S/ 14 534	44 %	1 %	138 843	S/ 88 787
Cajamarca segmento j	12 %	S/ 14 534	56 %	1 %	138 843	S/ 1 356 021
						1 533 596
Cusco segmento i	1 %	S/ 17 439	60 %	1 %	198 765	S/ 207 980
Cusco segmento j	12 %	S/ 17 439	40 %	1 %	198 765	S/ 1 663 844
Fuente	Alcázar (2012)	Enaho 2022	Enaho 2022	Cuadro 5	Enaho 2022	S/ 1 871 824

Fuente: Elaboración propia

iv. Pérdida de recursos públicos por partos prematuros.

En esta sección consideramos la atención médica a mujeres que dieron a luz de forma prematura como consecuencia de padecer anemia.

El Estado utilizará mayores recursos públicos en la medida que aumente la prevalencia de enfermedades como la anemia y desnutrición crónica, puesto que con la presencia de estas enfermedades deberá atender una mayor cantidad de partos prematuros.

Esta atención consiste en cesárea, requerimiento de mayores transfusiones de sangre, días de hospitalización, etc. En mujeres con anemia, el riesgo de parto prematuro es 2,7 veces más alto que el de mujeres sin anemia. Esta estimación fue realizada por Scholl et al. (1992) en New Jersey, Estados Unidos y es utilizada por diferentes investigadores como Ross y Horton (1998), Moncada et al. (2009), entre otros.

Ross y Horton (1998) proponen la ecuación 5 para estimar los costos por parto prematuro:

$$\text{Costo por parto prematuro} = [\text{costo extra}] \times [PAR] \times [\text{nacidos vivos}] \times [\% \text{prematuros}] \quad (5)$$

Donde:

- “costo extra”, es el costo incrementado respecto a un parto normal, considerando no solo los gastos para el Estado sino también para las familias, en el desarrollo de la infancia.
- “nacidos vivos” representa el número de niños nacidos vivos.
- “%prematuros”, representa el porcentaje de partos prematuros, que tienen lugar antes de las 37 semanas de gestación.
- PAR, representa la proporción de la población de mujeres gestantes que tuvieron parto prematuro por anemia. Esta se expresa de la siguiente manera:

$$PAR = \{Pv(m) \times (RR-1)\} / \{1 + [Pv(m) \times (RR-1)]\} \quad (6)$$

Donde:

- $Pv(m)$ es la prevalencia de anemia en mujeres gestantes (información que se obtiene de la Endes).
- RR es el riesgo de parto prematuro en mujeres con anemia, que es igual a 2,7, según Scholl et al. (1992).

La ecuación 6 también se puede leer como la porción de bebés que nacieron de manera prematura (nacidos vivos x % prematuros) de madres que tuvieron anemia en su periodo de gestación. Por tanto, en la medida que disminuya la prevalencia de anemia, disminuirá esta porción que explica los partos prematuros y, por tanto, el costo que posteriormente asumen el Estado y las familias para mejorar la salud de los niños.

La disminución del costo por parto prematuro, o reducción de la pérdida de recursos públicos por parto prematuro, ante una reducción en la prevalencia de anemia en las madres gestantes, transmitida a través de PAR (dado que $\Delta Pv(m) \rightarrow \Delta PAR$), se presenta en el cuadro 9, habiendo sido calculado utilizando la ecuación 7.

$$\text{Reducción de pérdida por parto prematuro} = [\text{costo extra}] \times [\Delta PAR] \times [\text{nacidos vivos}] \times [\% \text{prematuros}] \quad (7)$$

Cuadro 9: Reducción de la pérdida anual de recursos públicos por partos prematuros como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	Costo extra (a)	ΔP_{AR} (b)	Nacidos vivos* (c)	Porción de prematuros (d)	∇ Pv (mujeres) [ecuación 6]	RR [ecuación 6]	Reducción de la pérdida (a*b*c*d)
Cajamarca	S/ 4700	0,085	5331	8,4 %	5 %	2,7	S/ 178 900
Cusco	S/ 4700	0,255	6051	5,7 %	15 %	2,7	S/ 413 400
Fuente	Ross & Horton (1998)	Ecuación 6	INEI 2021	INEI 2021	Cuadros 5 y 6	Scholl (1992)	

Fuente: Elaboración propia. (*) En el ámbito de los proyectos

v. Pérdida de recursos públicos por repitencia del año escolar.

El Estado destinará mayores recursos públicos al sector Educación en la medida que los estudiantes repitan el año. Una de las causas de la repitencia del año escolar es la anemia y desnutrición crónica. La pérdida de recursos públicos por repitencia del año escolar está referida al costo operativo en que incurre el Estado por cada alumno que repite, tal como se muestra en la ecuación 8.

$$\text{Costo de anemia} \times \text{repitencia escolar} = [\text{Repitentes} \times \text{Anemia}] \times [\text{CostoOperEstudiante}] \quad (8)$$

La porción de niños repitentes por anemia se calcula multiplicando la tasa de repitencia (tr) por el total de niños matriculados [#Matriculados], ajustado por la proporción de la población de niños que repitieron teniendo como causa la anemia, esta proporción se representa por Φ .

$$\text{Repitentes} \times \text{Anemia} = tr \times \# \text{Matriculados} \times \Phi \quad (9)$$

Al no estar disponible el valor de Φ (proporción de niños que repiten por causa de la anemia), utilizamos la siguiente identidad:

$$\text{Repitentes} \times \text{Anemia} = tr \times \# \text{Matriculados} \times \Phi = Pv(n) \times \# \text{Matriculados} \times \theta \quad (10)$$

La letra θ representa el porcentaje de niños que tuvieron anemia y que repitieron el año. Para su estimación utilizamos la información disponible en Alcázar (2012), y la mantenemos constante para realizar las estimaciones del año 2022.

Habiendo estimado los valores de θ para primaria y secundaria, calculamos el costo de anemia por repitencia del año escolar utilizando la ecuación 11:

$$\text{Costo de anemia por repitencia escolar} = [Pv(n) \times \# \text{Matriculados}] \times \theta \times [\text{CostoOperEstudiante}] \quad (11)$$

La información del costo operativo por estudiante en que incurre el Estado, proviene del programa Escale (Estadísticas de la Calidad Educativa), del Minedu, y la información del número de niños matriculados proviene del INEI.

La reducción de la pérdida de recursos públicos por repitencia del año escolar, atribuible a la disminución de la prevalencia de anemia como consecuencia del tratamiento de las aguas residuales, se presenta en el cuadro 10, habiendo sido calculada utilizando la ecuación 12.

$$\text{Reducción de pérdida por repitencia escolar} = [\Delta Pv(\text{niño}) \times \# \text{Matriculados}] \times \theta \times [\text{CostoOperEstud.}] \quad (12)$$

Cuadro 10: Reducción de la pérdida anual de recursos públicos por repitencia escolar como consecuencia de tratar las aguas residuales

Ciudades	Nivel educativo	$\Delta P_v(n)$	#Matriculados	θ	Costo Operativo x estudiante	Reducción de la pérdida
Cajamarca	Primaria	19 %	52 946	0,05562	4517	2 527 507
	Secundaria	19 %	40 551	0,07196	4852	2 689 754
Cusco	Primaria	33 %	44 154	0,05562	4539	3 679 387
	Secundaria	33 %	34 102	0,07196	5290	4 283 378
Fuente	-	Cuadro 6	INEI 2022	Adap. Alcazar(2012)	Escale 2022	-

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, todos los resultados mostrados en esta sección sobre la incidencia del TAR en la reducción de los impactos económicos generados por la anemia y desnutrición crónica, tanto en el ámbito de los vertimientos de la ciudad de Cajamarca como en el ámbito de la ciudad de Cusco, los presentamos de manera agregada en el cuadro 11.

Cuadro 11: Pérdida económica evitable de tratar las aguas residuales y reducir la anemia en Cajamarca y Cusco

Efectos de la anemia	Pérdida evitable (en soles)	
	Cajamarca	Cusco
Hogares		
Pérdida cognitiva	15 335 962	45 755 708
Reducción de ingresos (salario)	4 217 390	12 582 820
Pérdida de productividad	1 444 809	1 871 824
Estado		
Parto prematuro	178 900	413 400
Repitencia escolar primaria	2 527 507	3 679 387
Repitencia escolar secundaria	2 689 754	4 283 378
Pérdida económica total	26 394 322	68 586 518

Fuente: Elaboración propia

4.2. Beneficios económicos por evitar gastos de EDA e IRA

En esta sección calculamos el beneficio económico generado por los gastos en salud en los que no incurriría la población como consecuencia del TAR en el ámbito de influencia de los vertimientos de las ciudades de Cajamarca y Cusco.

Desde la perspectiva de la economía ambiental, el valor de la calidad de la salud se expresa a través de gastos preventivos y/o de restauración de bienes con mercado, con el propósito de evitar el daño sobre la salud y sobre los factores de producción. Los costos que se evitan, al incurrir en gastos preventivos, constituyen el beneficio de un proyecto de tratamiento de las aguas residuales. Los costos evitados son una expresión indirecta del valor o de la mejora en el bienestar material de las personas, y mide de manera más eficiente el cambio de las personas en su máxima disposición a pagar para evitar enfrentar el daño.

Para realizar este cálculo, estimamos el cambio en la disposición de la población a pagar para evitar enfermedades diarreicas e infecciones respiratorias agudas, utilizando la teoría de la función de producción de salud y gastos preventivos. Desde la teoría económica, diversos autores como Bartik (1988), Courant & Porter (1981), Harrington & Portney (1987), han

modelado el comportamiento de los individuos considerando que además de valorar los bienes y servicios, valoran su salud.

A través de esta teoría se cuantifica el esfuerzo y el gasto que realizan las familias para prevenir y mitigar enfermedades; entre estos, se destaca el tiempo dedicado a la atención de la enfermedad, el tiempo para acceder a la fuente segura de agua antes de beberla, el tiempo dedicado a la atención de la salud de los miembros del hogar, el gasto en medicinas y en transporte para tratar la enfermedad, entre otros. A partir de este comportamiento, se puede afirmar que las personas valoran la calidad de su salud a partir del gasto que les genera y de las diversas acciones que realizan para evitar ser afectadas por los impactos que la mala calidad ambiental les ocasiona, así como también para mitigar y afrontar sus efectos negativos. Por esta racionalidad, el beneficio de la reducción de la contaminación debe igualar al ahorro en gastos defensivos o preventivos, así como también en gastos de mitigación, siendo muchas de estas medidas no marginales. Por ello, cuando las personas deciden alcanzar un nivel óptimo de gasto y de acciones para afrontar un determinado grado de contaminación que afecta su salud, considerarán que esta afectación depende del nivel y del tiempo de exposición al ambiente contaminado, así como también de ciertas medidas discretas (no marginales), tipo dicotómicas, que disponen las personas o familias, para abordar el problema.

Con el propósito de medir el beneficio económico generado por los gastos en enfermedades asociadas a las EDA e IRA que la población no realizaría como consecuencia del TAR en el ámbito de las ciudades de Cajamarca y Cusco, seguimos el planteamiento metodológico propuesto por Hanemann (1984) que aborda esta situación como un problema de elección discreta, en el que el individuo, con una función de utilidad, debe decidir si tomar o no tomar ciertas medidas y acciones de tipo preventivo para minimizar la probabilidad de enfermarse (aproximándola a cero); considerando que, para decidir, compara su nivel de pérdida de bienestar al deteriorarse su salud, con el nivel de pérdida de bienestar por una reducción de su ingreso disponible o presupuesto, y de su tiempo; escogiendo finalmente, el nivel de gasto que lo pone en una situación de indiferencia, de modo que la diferencia de utilidad se aproxima a cero.

Esto es: $Pr(\text{no enfermarse}) = Pr(\Delta V > \delta) = F(\Delta V)$, (13)

Siendo: $\Delta V = V(I=0, Y - G(Q, P), S) - V(I=1, Y, S) > \delta$

El primer término de la ecuación 13 indica el nivel de utilidad habiendo considerado las medidas para no enfermarse $G(\cdot)$, y el segundo término, sin considerarlas, donde el indicador $I=i$ ($i=1, 0$), señala si existe o no existe contaminación del agua. Siendo $\delta = \epsilon_1 - \epsilon_0$, donde la media de ϵ es cero. Siendo Y el nivel de ingreso y S las condiciones socioeconómicas del individuo.

Los individuos deciden sobre el grado de esfuerzo y gasto G que deben realizar para lograr el nivel de salud deseado Q , considerando que el nivel de calidad ambiental P afecta de diferente forma la salud de las personas. Para la estimación de $Pr(\text{no enfermarse})$ se especifica una forma funcional para la función de utilidad indirecta V , y por tanto para ΔV , y una distribución de probabilidad para el error δ que puede ser probit o logit.

Bartik (1988) mostró que la disponibilidad a pagar no marginal por una mejora en la calidad ambiental, a través de cambios en la variación compensada o equivalente, puede estimarse en función del gasto y de las diversas acciones que realizan las personas para evitar que su salud sea afectada por los impactos ambientales. Además, lo planteó como un método costo-efectividad para estimar los beneficios de una política ambiental.

Tomando una forma funcional lineal para $V(\cdot)$ (expresada en la ecuación 13), y; la medida de cambio de bienestar asociada a la función lineal $E[DAP]$ presentada por Ardila (1993), utilizamos la siguiente forma funcional, escrita a través de la ecuación 14:

$$Pr(\text{enfermarse de EDA o IRA}) = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 \text{Ingreso} + \beta_3 S, \quad \text{siendo: } \Delta V = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 \text{Ingreso} + \beta_3 S, \quad (14)$$

$$E[DAP] = (-) a / \beta_1, \quad \text{siendo: } a = \beta_0 + \beta_2 \text{Ingreso} + \beta_3 S, \quad (15)$$

En la ecuación 14 se debe incorporar, a través de la variable S , el nivel de esfuerzo, el nivel de gasto y las diferentes medidas de prevención y mitigación que toman las personas para evitar caer enfermos; o de otra forma, encaminadas a “lograr” un nivel de exposición a aguas residuales que conduzca a un nivel deseado de salud, de modo que su probabilidad de enfermarse sea cercana a cero. Utilizando esta función se estima la máxima disposición de las familias a pagar para evitar este tipo de enfermedades, como una expresión bastante aproximada del cambio en el nivel de bienestar.

La especificación del modelo econométrico utilizado para estimar la probabilidad de contraer enfermedades que están vinculadas predominantemente a diarreas o a infecciones respiratorias agudas, se presenta con la ecuación 16.

$$Pr(\text{eda-ira}) = \beta_0 + \beta_1 * \text{gas} + \beta_2 * \text{ing} + \beta_3 * \text{tar} + \beta_4 * \text{edu} + \beta_5 * \text{tvr} \quad (16)$$

Las variables utilizadas en el modelo, así como su descripción, se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12: Descripción de las variables del modelo de prevalencia de EDA-IRA

Variable y abrev.	Definición	Periodicidad y fuente	Tipo de variable
Enfermedad EDA e IRA (eda-ira)	<u>EDA</u> : deposición tres o más veces al día de heces sueltas o líquidas. <u>IRA</u> : enfermedades del aparato respiratorio, causadas por diferentes microorganismos como virus o bacterias, que empiezan de manera repentina y duran al menos dos semanas.	En las últimas cuatro semanas previas a la realización de la encuesta. <u>Fuente</u> : Enaho 2022	<i>Dummy</i> Toma valor de “1” si la persona ha presentado EDA o IRA. Toma el valor de “0” en otro caso.
Gasto de la enfermedad (gas)	Monto de dinero gastado en la consulta médica, medicinas y exámenes clínicos, asociados a la EDA e IRA, en las últimas cuatro semanas previas a la realización de la encuesta.	En las últimas cuatro semanas previas a la realización de la encuesta. <u>Fuente</u> : Enaho 2022	Númerica
Ingresos (ing)	Total de los ingresos anuales del hogar, por todo concepto, dividido entre doce meses.	Anual (año 2022) <u>Fuente</u> : Enaho 2022	Númerica
Tratamiento de aguas residuales (tar)	Nivel de tratamiento de aguas residuales en los distritos en el ámbito de la EPS y en el ámbito del vertimiento de las aguas residuales.	Anual (año 2022) <u>Fuente</u> : Sicap (Sunass)	Númerica Expresada como el cociente: volumen tratado anual/volumen vertido anual.
Nivel de educación (edu)	¿Cuál es el último año o grado de estudios y nivel que aprobó? (Sin nivel, inicial, primaria incompleta, primaria completa, secundaria)	Al momento en que se realizó la encuesta.	Variable categorizada

	incompleta, secundaria completa, superior no universitaria incompleta, etc.)	Fuente: Enaho 2022	(valores de 1 hasta 11).
Tiempo de viaje (tv)	Total de minutos para llegar al establecimiento de salud donde lo atenderán.	Cuando asiste al establecimiento de salud. Fuente: Enaho 2022	Númerica

Fuente: Elaboración propia

Para estimar la función de probabilidad de ocurrencia de EDA e IRA, $Pr(EDA-IRA)$, se ha utilizado la Enaho 2022 y la información sobre el nivel de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de las empresas prestadoras proveniente del Sicap de la Sunass. Respecto a la información sobre EDA e IRA de la Enaho 2022, es importante mencionar que estas enfermedades se encuentran incluidas en el grupo de aquellas que se presentan con diversos síntomas, como la gripe, el dolor de cabeza y la fiebre, que podrían no estar vinculados directamente a las EDA o IRA.

Sin embargo, esta información presenta dos limitaciones. Por un lado, el tamaño de la muestra de la Enaho 2022 no es suficiente para estimar la máxima disposición a pagar (DAP) para evitar los impactos sobre la salud en el ámbito de las EP del Cusco y de Cajamarca; y por otro lado, la variable “nivel de tratamiento de las aguas” no muestra suficiente variabilidad en algunos ámbitos. Para abordar estas dos limitaciones hemos utilizado toda la información de la Enaho 2022 del ámbito de los vertimientos de todas las EP, y con ella, hemos especificado dos funciones econométricas con el propósito de minimizar una posible sobreestimación del valor DAP, a las que llamamos modelo 1 y modelo 2, estas son las siguientes:

$$Pr(eda-ira)^1 = \beta_0^1 + \beta_1^1 gas + \beta_2^1 ing + \beta_3^1 tar + \beta_4^1 edu + \beta_5^1 ing + \beta_6^1 tvr \quad (\text{modelo 1}) \quad (17)$$

$$Pr(eda-ira)^2 = \beta_0^2 + \beta_1^2 gas + \beta_2^2 ing + \beta_3^2 tar + \beta_4^2 edu + \beta_5^2 ing + \beta_6^2 tvr \quad (\text{modelo 2}) \quad (18)$$

La especificación del modelo 1 (ecuación 17), contiene información de todas las EP, y la especificación del modelo 2 (ecuación 18), contiene información solo de las EP con mayor población y con mayor variabilidad en el tratamiento de aguas residuales.

Realizadas las dos estimaciones, nos quedamos con el menor valor obtenido de la máxima disposición a pagar no marginal DAP, con el propósito de tener una estimación conservadora del valor que le otorga la población al tratamiento de las aguas residuales para evitar enfermarse de EDA o IRA. Para obtener el valor de la DAP de los hogares del ámbito de influencia de los vertimientos de las EP de las ciudades de Cajamarca y Cusco que minimiza la probabilidad de contraer EDA o IRA, reemplazamos los valores promedio de las variables dependientes de cada especificación econométrica, en la función de valor de la disposición a pagar no marginal DAP de cada modelo (modelo 1 y modelo 2).

Resultados

Los resultados de la estimación de los modelos 1 y 2, tanto para Cajamarca como para Cusco, se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 13. Prevalencia de EDA e IRA en las ciudades de Cajamarca y Cusco

Variables	Cajamarca		Cusco	
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 1	Modelo 2
eda - ira				
gas	0,00457*** (0,000118)	0,00416*** (0,000123)	0,00457*** (0,000118)	0,00416*** (0,000123)
ing	-2,89e-05*** (2,28E-06)	-3,25e-05*** (2,55E-06)	-2,89e-05*** (0,00235)	-3,25e-05*** (0,00267)
tar	-0,155*** (0,014)	-0,224*** (0,0166)	-0,155*** (0,014)	-0,224*** (0,0166)
edu	-0,0425*** (0,00235)	-0,0479*** (0,00267)	-0,0425*** (0,00235)	-0,0479*** (0,00267)
tv	0,0590*** (0,00145)	0,0561*** (0,00164)	0,0590*** (0,00145)	0,0561*** (0,00164)
_con	0,154*** (0,0154)	0,245*** (0,0186)	0,154*** (0,0154)	0,245*** (0,0186)
Obs.	49,664	38,061	49,664	38,061
Standard errors in parentheses *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1				

Fuente: Elaboración propia

En los cuatro modelos estimados, dos para Cajamarca y dos para Cusco, los signos son los esperados y los coeficientes son altamente significativos. El tratamiento de las aguas residuales disminuye la probabilidad de contraer enfermedades vinculadas predominantemente a EDA e IRA. Asimismo, una mayor probabilidad de enfermarse implica mayor gasto en salud. Las personas con mayor ingreso y con mayor nivel educativo tienen menor propensión a enfermarse, mientras que las personas que ocupan más tiempo en llegar a su centro de salud, tienen mayor propensión a enfermarse.

Por otra parte, es importante mencionar que, para todos los modelos, no hay evidencia de endogeneidad en las variables dependientes puesto que no se logra rechazar la hipótesis nula de exogeneidad de un modelo probit bivariado.

La función de valor para Cajamarca que genera el menor valor de la DAP, proviene del modelo 2, mientras que, para Cusco, proviene del modelo 1 (ver cuadro 13).

Con estos modelos, el efecto marginal de tratar las aguas residuales sobre la reducción de la probabilidad de contraer enfermedades vinculadas predominantemente a EDA o IRA, en el ámbito en que las empresas prestadoras realizan sus descargas, es de 9 puntos porcentuales en Cajamarca, cuando se alcanza el 100 % de tratamiento en las localidades que son atendidas por empresas prestadoras, y de 7 puntos porcentuales en Cusco.

En Cajamarca, la disposición a pagar no marginal de los hogares sería de 12 soles mensuales, para un nivel de prevalencia cercano a cero, mientras que en Cusco sería de 46 soles mensuales. Estos valores representan el ahorro en gastos y esfuerzo de los hogares en la prevención y en la mitigación de las enfermedades de origen hídrico, como EDA o IRA, y se obtiene de reemplazar los valores medios de las variables dependientes de Cajamarca y de Cusco en las funciones de valor de las ecuaciones 19 y 20 respectivamente.

$$\text{DAP en Cajamarca} = - [0,1544 - 0,00002*(ing) - 0,1552*tar - 0,0424*edu + 0,0589*tv] / [0,0045] \quad (19)$$

$$\text{DAP en Cusco} = - [0,2445 - 0,00003*(ing) - 0,2242*ptar - 0,0561*edu + 0,0561*tvr] / [0,0041] \quad (20)$$

Para la ciudad de Cajamarca, con una incidencia de enfermedades vinculadas predominantemente a EDA e IRA, del 62 %, reducir la probabilidad de contraer estas enfermedades a 52 % (esto es -10 pp), debiera generar una disposición a pagar no menor de 2 soles mensuales por vivienda, considerando que por reducir 62 pp se pagaría 12 soles. Mientras que para la ciudad del Cusco, con una incidencia de enfermedades vinculadas predominantemente a EDA o IRA del 35 %, reducir la probabilidad de contraer estas enfermedades a 25 % (es decir -10 pp), considerando que su DAP por todo tipo de gasto y esfuerzo (realizado por prevenir o mitigar las enfermedades de origen hídrico) es de 46 soles, debiera generar una disposición a pagar no menor de 13 soles mensuales por vivienda (considerando que por reducir 35 % pp (es decir llevar la prevalencia a cero) se pagaría 46 soles).

Al multiplicar los valores obtenidos por el número de hogares que serán beneficiarios de los proyectos PTAR en sus ámbitos de influencia, obtenemos el valor económico total por tratar las aguas residuales y evitar afectarse con enfermedades vinculadas predominantemente a EDA o IRA, tanto para la ciudad de Cajamarca como para la ciudad de Cusco. Estos resultados se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Disposición a pagar por evitar enfermarse en Cajamarca y Cusco

Ciudad	DAP por cada hogar		Población total en el ámbito del proyecto (4,8 y 4,5 hab/hogar)	Número hogares	Valor anual por TAR
	Mensual	Anual			
Cajamarca	2	24	291 079	60 641	1 455 384
Cusco	13	156	415 990	92 442	14 420 952

Fuente: Elaboración propia

5. Importancia de los beneficios calculados

Con el propósito de conocer la importancia de la magnitud del valor de los beneficios económicos calculados en la sección previa, como consecuencia de tratar las aguas residuales de las ciudades de Cajamarca y Cusco, en esta sección comparamos estos beneficios con los costos en que incurriría la sociedad por la construcción, operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en estas ciudades.

Los beneficios económicos del tratamiento de las aguas residuales (TAR) en las ciudades de Cajamarca y Cusco los hemos calculado como costos que se evitarían, tanto al Estado como a la población de sus ámbitos de influencia, al reducirse la prevalencia de anemia y de enfermedades vinculadas predominantemente a las diarreas agudas y a las infecciones respiratorias agudas.

La comparación de los beneficios con respecto a los costos nos permitirá saber en qué medida los beneficios calculados en este estudio tendrían la capacidad de cubrir los costos sociales que se derivan de la utilización de recursos públicos para cumplir con las obligaciones financieras en que incurrirían el Estado y las empresas prestadoras con las empresas concesionarias, de ejecutarse estos proyectos. Al respecto, debe precisarse que los beneficios considerados en este estudio no son los únicos que se obtendrían al tratarse las aguas residuales. Existen otros que se generan al tratar las aguas residuales y que no han sido considerados en este estudio; entre los principales, destacamos: el costo evitado generado por la ingesta de

alimentos regados con aguas residuales, el valor por la mejora en la belleza paisajística, el aumento del valor predial, del turismo y de la actividad económica, la reducción de la mortalidad, entre otros.

En el cuadro 15 se muestra los beneficios anuales que generarían los proyectos PTAR Cajamarca y PTAR Cusco, calculados en la sección previa, así como también el valor actual de los beneficios (VAB), para dos escenarios, el primer escenario considera una tasa social de descuento (TSD) de 8,21 %, y el segundo escenario considera una tasa ambiental de descuento (TAD) de 1,1 %.

Cuadro 15. Beneficio económico de tratar las aguas residuales en las ciudades de Cajamarca y Cusco

Concepto de beneficio	PTAR Cajamarca	PTAR Cusco
Costo evitado a las familias por anemia.	20 998 161	60 210 353
Costo evitado al Estado por anemia.	5 696 161	8 376 165
Disposición no marginal a pagar por evitar enfermarse.	1 455 395	14 420 987
Total	27 849 717	83 007 505
Valor actual de los beneficios (TSD : 8,2 %, 25 años)	141 838 721	422 757 556
Valor actual de los beneficios (TAD : 1,1 %, 25 años)	425 673 051	1 268 740 282

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que los beneficios económicos se obtendrían recién al noveno año de entrada en operación de los proyectos PTAR, mientras que los costos sociales se mostrarían desde el primer año.

Por otro lado, el valor actual de los costos (VAC) a precios sociales, que se derivan de la utilización de recursos públicos para cumplir con las obligaciones financieras en que incurrirían el Estado y las empresas prestadoras con las empresas concesionarias de estos proyectos, se presenta en el cuadro 16. Esta información ha sido proporcionada por ProInversión.

Cuadro 16. Valor actual de los costos sociales de los proyectos PTAR Cajamarca y Cusco

Concepto de costo	PTAR Cajamarca	PTAR Cusco
Valor actual de los costos (VAC) (precios sociales) (25 años; TSD: 8,21 %)	421 268 865	292 850 951

Fuente: Elaboración propia

El método utilizado para la comparación es la ratio beneficio-costos (RBC). Este método consiste en dividir la suma proyectada de los “beneficios económicos del proyecto” entre la suma proyectada de los “costos sociales del proyecto”, a una determinada tasa de descuento.

El cuadro 17 muestra los resultados de esta comparación, considerando diferentes tasas de descuento, para los proyectos PTAR Cajamarca y PTAR Cusco.

Cuadro 17. Ratio Beneficio Costo (RBC) de los proyectos PTAR Cajamarca y Cusco

Tasa de descuento (horizonte de 25 años)	PTAR Cajamarca	PTAR Cusco
Tasa social de descuento (TSD) : 8,21 %	0,34	1,44
Tasa ambiental de descuento (TAD): 1,1 %	0,48	2,08
Tasa de descuento dual (TSD: 8,21 %, TAD: 1,1 %)	1,01	4,33

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de PTAR Cusco, en todos los escenarios, los beneficios económicos calculados en este informe, superan a los costos sociales del proyecto. Mientras que para el caso de PTAR Cajamarca, esto sucede solamente cuando se utiliza una tasa de descuento dual, mediante la cual se descuenta los flujos de mercado con la tasa social de descuento, y; los flujos de no mercado con la tasa ambiental de descuento.

Al respecto, existe literatura que fundamenta el uso de la estrategia dual de descuento cuando se incluye proyectos ambientales en la evaluación. Price (1993) afirma que no es correcto aplicar una simple tasa de descuento para evaluar diferentes tipos de bienes futuros, al considerar que diferentes flujos de utilidad, derivados de diferentes bienes (de consumo y ambientales), deberían influir en la evaluación del proyecto. Baumgartner et. al. (2015) citado por Nestico et. al (2023), argumentan que mientras los servicios ecosistémicos declinan, la producción de bienes de consumo aumenta; estos desarrollos opuestos justifican el uso de tasas de descuento específicas para bienes manufacturados y servicios ecosistémicos. A su vez, Nestico et. al (2023), afirman que descontar los impactos ambientales por separado de los económicos, se convierte en una forma de guiar, a quienes toman decisiones, hacia opciones más sostenibles.

Los resultados mostrados en el cuadro 17 pueden leerse también en porcentaje. Así, podemos decir que los beneficios económicos del tratamiento de aguas residuales, representan al menos el 34 % de los costos sociales del proyecto PTAR Cajamarca si se utiliza la TSD de 8,21 %, toda vez que existen otros beneficios que no han sido calculados en este estudio.

Sin embargo, considerando que los proyectos PTAR son proyectos ambientales que contribuyen a la manutención de los servicios ecosistémicos, y a través de estos la población evita enfermarse, al aplicar una tasa de descuento dual que incluya a la tasa ambiental de descuento (TAD) de 1,1 % para los beneficios económicos de los servicios sin mercado, los beneficios económicos calculados para el proyecto PTAR Cajamarca cubren el 100 % de los costos sociales en que se incurriría de ejecutarse el proyecto.

Para el caso del proyecto PTAR Cusco, los beneficios económicos del tratamiento de aguas residuales (TAR), calculados en este estudio, cubren el 100 % de los costos sociales, para cualquiera escenario de tasa de descuento utilizada.

El resultado obtenido revela que el cofinanciamiento que otorgaría el Ministerio de Economía y Finanzas, a través del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, es necesario y estaría bien justificado, porque su retorno en términos de bienestar para la población es positivo. Además, las cifras muestran que existe justificación para que este cofinanciamiento sea mayor, e inclusive pueda cubrir las obligaciones por operación y mantenimiento.

6. Conclusiones

El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento evita que la población contraiga diversas enfermedades de origen hídrico (como anemia, desnutrición, EDA, IRA, hepatitis, etc.), y que se aceleren otras enfermedades de tipo crónico, ya sea por el contacto directo con el cuerpo contaminado o por el consumo de alimentos regados con aguas residuales. Invertir en proyectos que traten las aguas genera, entre otros beneficios, que la población evite enfermarse, y a la vez, libere su tiempo y ciertos recursos para mejorar su bienestar.

Existen otros beneficios derivados del tratamiento de las aguas residuales que no han sido considerados en este estudio, entre estos, destacamos el costo que se podría evitar por la ingesta de alimentos regados con aguas residuales, el valor por la mejora en la belleza paisajística, el aumento del valor predial, del turismo y de la actividad económica, la reducción de la mortalidad, entre los principales.

En este trabajo hemos constatado que las enfermedades de origen hídrico, como la anemia, desnutrición crónica, enfermedades diarreicas e infecciones respiratorias agudas, incrementan el gasto de las familias y reducen el ingreso disponible, tanto en el presente como en el largo plazo. Sin embargo, la población no percibe, necesariamente, todos los riesgos que implica no tener acceso a agua segura y saneamiento adecuado.

Los beneficios obtenidos, en el ámbito de influencia de los vertimientos de aguas residuales en las ciudades de Cajamarca y de Cusco, como consecuencia de tratar estas aguas, se expresan a través de los costos que se evitarían con el TAR y el no impactar de manera directa en la salud de las personas. Así, el beneficio total per cápita en Cajamarca asciende a 96 soles anuales, y en el Cusco a 199 soles anuales; solamente evitándose la ocurrencia de las enfermedades antes mencionadas. Estos beneficios, cubrirían el 100 % del costo social que implicaría usar recursos públicos para cubrir las obligaciones financieras que se deriven de inversión, operación y mantenimiento del proyecto PTAR Cusco bajo la modalidad de APP, para cualquier escenario de tasa de descuento utilizada. Mientras que los beneficios económicos del tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajamarca cubrirían, al menos, el 34 % de los costos sociales, considerando que existen otros beneficios económicos, derivados del TAR, que no han sido calculados en este estudio. Sin embargo, al aplicar una tasa de descuento dual, los beneficios económicos calculados en este estudio para el proyecto PTAR Cajamarca, cubrirían el 100 % del costo social que implicaría el uso de recursos públicos para cubrir las obligaciones financieras que se deriven de inversión, operación y mantenimiento del proyecto PTAR Cajamarca bajo la modalidad de APP.

Los resultados demuestran que tanto los costos por no tratar las aguas residuales, como los beneficios por tratarlas, deben ser tomados en cuenta en la evaluación de impacto de la política pública de tratamiento de las aguas residuales. Estos resultados serían los primeros que vinculan la incidencia del tratamiento de las aguas residuales sobre la prevalencia de anemia y sobre la prevalencia de enfermedades de origen hídrico como las EDA e IRA, utilizando la Enes y la Enaho.

7. Recomendaciones y agenda pendiente

En el marco del proceso de promoción de la inversión privada, y, en el contexto de crecimiento acelerado de las ciudades, contaminación de los cuerpos de agua por vertimiento de aguas residuales; y, del impacto que esto genera en la salud de las personas, es necesario alertar sobre las consecuencias de no acelerar el proceso de adjudicación y de ejecución de proyectos para el tratamiento de las aguas residuales; así como también, medir el impacto de las consecuencias de tomar un largo periodo de tiempo para justificar la viabilidad de los proyectos PTAR, cuando es posible demostrar los impactos directos sobre la salud que tiene la exposición de las personas a las aguas residuales. Para que estos impactos sean más precisos aún, se recomienda realizar estudios con información primaria generada en el ámbito de influencia de los proyectos que se encuentran en el proceso de promoción de la inversión privada.

Como agenda de investigación, queda pendiente dimensionar la escala mínima eficiente y el volumen de tratamiento de aguas residuales, bajo la condición de subaditividad en costos, que debe tener un proyecto de TAR, pudiendo este agrupar varias localidades aprovechando las economías de escala y, si fuera posible, también las economías de alcance. De esta manera se reducirían los impactos sobre el presupuesto público y sobre las tarifas de los servicios de saneamiento. Con este análisis se podría promocionar nuevos proyectos APP más eficientes en costos, considerando que actualmente el sector presenta una gran atomización de prestadores.

Dada la diversidad de tecnologías existentes para el tratamiento de aguas residuales, las diferentes dimensiones de área de los territorios disponibles, y la variabilidad de la calidad del cuerpo receptor, la escala mínima eficiente de tratamiento requeriría estimar funciones de costos técnico-eficientes de los procesos de tratamiento bajo un enfoque territorial, que optimicen los sistemas y los procesos que intervienen en la cadena de valor de la prestación de los servicios de saneamiento en un determinado espacio, en el que se incluyan las fuentes.

Por otro lado, desde la perspectiva de la demanda, queda pendiente la identificación y valoración de los atributos de los servicios de abastecimiento de agua potable y de recolección y tratamiento de aguas residuales que sean preferidos por los usuarios, con el propósito de diseñar contratos de concesión que incluyan los niveles preferidos de calidad del servicio y, a partir de ello, diseñar una estrategia para la aplicación de incrementos tarifarios necesarios para lograr la viabilidad financiera de la concesión.

Finalmente, es importante evaluar las actuales estructuras tarifarias, para saber si son las más adecuadas o eficientes para la recaudación de los ingresos y para la asignación del subsidio cruzado entre diferentes categorías de usuarios. Sobre la base de ello, proponer nuevas estructuras tarifarias bajo esquema tarifario de corto y de largo plazo, de cierre de brechas de infraestructura; que contribuyan a atraer financiamiento privado y mitiguen el riesgo de no pago de las obligaciones financieras. Estos recursos podrían alimentar el Fondo de Inversión en Agua y Saneamiento (FIAS), para gestionar de manera eficiente los recursos recaudados.

8. Referencias bibliográficas

- Ahn, J. *et al.* (2020). Social benefits of improving water infrastructure in South Korea: upgrading sewage treatment plants. *Environmental Science and Pollution Research*: January 2020, 27.
- Alcázar, L. (2012). Impacto económico de la anemia en el Perú. Grade. Acción Contra el Hambre.
- Ardila, S. (1993). Guía para la utilización de modelos econométricos en aplicaciones del método de valoración contingente. *Environment Division Working Paper* ENP-101. Washington, D. C.: Inter-American Development Bank.
- Bartik, T. J. (1988). Evaluating the benefits of non marginal reductions in pollution using information on defensive expenditures. *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol 15. Pp. 111-127.
- Baumgartner et. al. (2015). Ramsey discounting of ecosystem services. *Environmental Resources Economics*. 61: 273-296.
- Abdalla, C. et al. (1992). Valuing environmental quality changes using averting expenditures: an application to groundwater contamination. *Land Economics*. May 1992. 68(2): 163-69
- Courant, P. and Porter, R. (1981). Averting expenditures and the cost of pollution, J. *Environ. Econom. Management* 8, 321-29.
- Cropper, M. L. (1981). Measuring the benefits from reduced morbidity. *American Economic Association Papers and Proceedings* 71 (2): 235-240.
- Freeman III, M. (1993). The measurement of environmental and resource values, theory and methods. Resources for the Future, Washington, D. C.
- Hanemann, W. M. (1984). Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. *Amer. J. Agri. Econom.* 66, 332-341.
- Harrington, W. and Portney, P. (1987). Valuing the benefits of health and safety regulation, J. *Urban Economics*. 22: 101-112.
- Jamil, Faisal et al. (2021). Valuing health loss in Karachi city from water contamination and household defensive behavior. *Water Economics and Policy*. Vol 8 N.º 1 (2002).
- Kontogianni, A. et al. (2003). Social preferences for improving water quality: an economic analysis of benefits from wastewater treatment. *Water Resources Management*. Oct 2003, 17.
- Martínez, R. y Fernández, A. (2006). Modelo de análisis del impacto social y económico de la desnutrición infantil en América Latina. Santiago de Chile: Cepal.
- Mi-Jung Um et al. (2002). Estimating willingness to pay for improved drinking water quality using averting behavior method with perception measure. *Environmental and Resources Economics* 21: 287-302, (2002).
- Nestico et. al (2023). A dual probabilistic discounting approach to assess economic and environmental impacts. *Environmental and Resources Economics* 85: 239-265.
- Mi-Jung Um et al. (2002). Estimating willingness to pay for improved drinking water quality using averting behavior method with perception measure. *Environmental and Resources Economics* 21: 287-302, (2002).
- Nil Adote, Abrahams et al. (2000). Joint production and averting expenditure measure of willingness to pay: do water expenditures really measure avoidance costs? *American Journal of Agriculture Economics*, 82 (May 2000) 427-437.
- Ortiz-Correa et al. (2016). Impact of access to water and sanitation services on educational

- attainment. *Water Resources and Economics*. Vol. 14. April 2016.
- Price C (1993). Time discounting and value. Blackwell.
- Loyola, R. y Soncco, C. (2006). Valoración económica del efecto en la salud por el cambio en la calidad del agua en zonas urbano marginales de Lima y Callao. CIES. 2006.
- Pollit, E. (1983). Iron deficiency anemia and cognitive test performance in pre-school children. *Nutrition and Behavior*, N.º 1: 137-146.
- Pscharopoulos, G. y Vélez, E. (1992). Schooling, ability and earnings in Colombia, 1988. *Economic Development and Cultural Change*, N.º 40: 629-643.
- Ross, J. y Horton, S. (1998). Economic consequences of iron deficiency. Ottawa: The Micronutrient Initiative.
- Scholl, T. O., Hediger, M. L., Fisher, R. L. y Shearer, J. W. (1992). Anemia vs iron deficiency: increased risk of preterm delivery in a prospective study. *American Journal of Clinical Nutrition* 55, N.º 5: 985-988.
- Tudela, W. (2017). Estimación de beneficios económicos por el mejoramiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puno (Perú). *Revista Desarrollo y Sociedad*. Segundo Semestre 2017 pp. 189-237.
- Yamada, G. y Castro, J. F. (2010). Educación superior e ingresos laborales: estimaciones paramétricas y no paramétricas de la rentabilidad por niveles y carreras en el Perú. Documento de discusión. Centro de investigación de la Universidad del Pacífico.
- Yañez, M. (2007) Costos de enfermedad asociados a la contaminación de la Ciénaga de la Virgen de Cartagena de Indias. Tesis magister en economía del medio ambiente y los recursos naturales. Universidad de los Andes. Colombia.

APP como innovación en salud pública: Descongestión de establecimientos de salud em Lima a través de los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton

Resumen

Este estudio analiza el impacto de las asociaciones público-privadas en el sector salud, a partir del análisis del papel desempeñado por los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton, cada uno perteneciente al complejo hospitalario concesionado que lleva el mismo nombre, del Seguro Social de Perú (EsSalud). La investigación evalúa la contribución de los policlínicos en la descongestión de los establecimientos de salud circundantes. Para ello, se emplean datos de 25 establecimientos de salud correspondientes al período 2011-2017, aplicando un modelo de diferencias en diferencias con efectos fijos, complementado con un análisis de eventos. Los hallazgos evidencian que estos policlínicos han generado una reducción significativa en el número de asegurados asignados y en el volumen de las consultas realizadas en los establecimientos de salud aledaños, lo que ha permitido una mejor redistribución de la carga asistencial y una mayor satisfacción de los usuarios.

Palabras clave: asociaciones público-privadas, salud, diferencias en diferencias, seguro social, descongestionamiento.

Abstract

This study analyzes the impact of public-private partnerships in the healthcare sector by examining the role of the Guillermo Kaelin and Alberto Barton polyclinics, each one part of the concessioned hospital complex of the same name, operated by Peru's Social Health Insurance (EsSalud). The research evaluates the contribution of these polyclinics to reducing congestion in surrounding healthcare facilities. In this way, data from 25 healthcare establishments covering the 2011–2017 period are analyzed, applying a difference-in-differences model with fixed effects, complemented by an event study analysis. The findings show that these polyclinics have significantly reduced both the number of assigned insured individuals and the volume of consultations in nearby healthcare facilities, thereby enabling a better redistribution of the healthcare burden and greater user satisfaction.

Keywords: public-private partnerships, health, differences in differences, social security, decongestion.

Los autores del presente trabajo de investigación son: Alex Flores Quispe y Axel Vega Romero. Este documento fue previamente publicado por Proinversión con los aportes derivados del proceso de revisión por pares, en el marco de la Red de Evaluación y Buenas Prácticas en APP (Red APP) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y está disponible en: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/1/JER/APP_INNOVACION_SALUD_PUBLICA/DT5-APP-innovacion-salud-publica-esp.pdf

* Los editores agradecen a Roxana Barrantes por sus valiosos comentarios y sugerencias.

1. Introducción

La desigualdad en el acceso a la atención médica perjudica a las poblaciones más vulnerables ya que no les permite acceder a los servicios de salud pública de manera eficiente y segura. Estos servicios, además de ser fundamentales para el bienestar social y el desarrollo económico, representan la materialización del derecho humano básico a la salud, esencial para proteger la seguridad y el bienestar colectivo.

Diversos autores han estudiado la relación entre la salud y el bienestar económico de la población. Sandí (2006) señala que, un mejor estado de salud fomenta el crecimiento económico de una región; mientras que, este crecimiento facilita mejoras en la prestación de los servicios de salud. Además de ello, la salud de una persona influye significativamente en su rendimiento académico y nivel educativo, lo que a su vez afecta diversos aspectos de su vida adulta, como el estado civil, el control de la fertilidad, la educación de los hijos, la actividad delictiva y los ingresos obtenidos en el mercado laboral (Suhrcke y de Paz Nieves, 2011). De ahí que invertir en salud no solo potencia el bienestar individual y colectivo, sino que también crea un ciclo virtuoso que fortalece la economía y mejora la calidad de vida a largo plazo.

Los servicios públicos de salud se enfrentan a múltiples desafíos, como el incremento en los costos de atención médica y las restricciones presupuestarias (Mitchell, 2008). A esto se suma la obligación de proporcionar servicios que satisfagan o superen las expectativas y necesidades de los pacientes (Backman, Vanderloo, y Forster, 2016). Asimismo, los hospitales públicos suelen tener dificultades para operar eficientemente sus instalaciones, ofrecer servicios de calidad y atender a la población más vulnerable que no puede costear la atención médica (Blecher, Kollipara, Zulu, y DeJager, 2011). Ante estos problemas, los gobiernos han comenzado a buscar soluciones que mejoren el rendimiento de sus hospitales públicos, siendo una de ellas las asociaciones público-privadas (APP).

Las APP se han establecido como una estrategia para mejorar el rendimiento de los sistemas de salud a nivel global, al combinar las fortalezas de los sectores público y privado, lo que potencia la eficiencia, calidad e innovación (Mitchell, 2008). En un mundo cada vez más complejo y dinámico donde el aumento constante de precios, los cambios en los patrones de enfermedad y la creciente dependencia de tecnologías avanzadas para el diagnóstico y tratamiento representan retos significativos, resulta prácticamente imposible que una sola entidad opere de manera aislada, especialmente en el sector Salud.

En Perú, se han desarrollado distintos proyectos en el sector Salud bajo la modalidad de APP, abarcando desde el diseño y construcción hasta la gestión de los servicios de salud. Los complejos hospitalarios Guillermo Kaelin y Alberto Barton son los primeros centros de salud en ser gestionados bajo el modelo de APP en Perú y Latinoamérica, estos complejos hospitalarios forman parte de las redes de salud Rebagliati y Sabogal, respectivamente, del Seguro Social de Salud de Perú (EsSalud), cada una con la posibilidad de atender un promedio de 250 000 asegurados con modernas instalaciones que incluyen más de 200 camas, laboratorios clínicos, centros obstétricos, servicios de radiodiagnóstico y hemodiálisis, entre otros.¹

Los complejos hospitalarios Guillermo Kaelin y Alberto Barton, se encuentran gestionados por las empresas Villa María del Triunfo Salud S. A. C. y Callao Salud S. A. C., respectivamente; las cuales forman parte del Grupo IBT. En marzo del 2010, EsSalud suscribe un contrato de concesión con cada una de estas empresas por un plazo contractual de

¹Información extraída de las páginas web de ambos complejos hospitalarios. Disponible en: <https://kaelin.pe/complejo-hospitalario-guillermo-kaelin-de-la-fuente/> y <https://barton.pe/complejo-hospitalario-alberto-leonardo-barton-thompson/>

32 años (2 años de construcción y 30 años de operación) para la constitución de derecho de la superficie, diseño, construcción de infraestructura, dotación de equipamiento, operación y mantenimiento de cada complejo hospitalario. Cada uno de estos complejos tuvo un monto de inversión referencial aproximado de 58 millones de USD (incluido IGV).

Estas APP en salud representan el modelo bata blanca, en el cual es la empresa privada la que asume la responsabilidad de proveer servicios de salud. Al concluir el período de concesión, la operación y el mantenimiento de los complejos hospitalarios serán transferidos a EsSalud. Además de ser un hito en el desarrollo del sector Salud en Perú, estas APP tienen el potencial de impactar sobre la salud de los ciudadanos al ofrecer servicios continuos, de calidad y con estándares internacionales.

Este nuevo mecanismo resulta ser crucial frente a la ineficiencia de los establecimientos de salud a nivel nacional. Según el INEI (2014), en el año 2014 el tiempo promedio de espera para ser atendido en los establecimientos de salud de EsSalud fue de 58 minutos; asimismo, estos pacientes esperaban, en promedio, 12 días para obtener una cita. Estos datos contrastaban fuertemente con la atención que se ofrecía en clínicas privadas donde los pacientes esperaban, en promedio, 35 minutos para ser atendidos y 8 días para conseguir una cita. Por lo tanto, se consideraba que estas concesiones aliviarían la presión sobre EsSalud, ya que permitiría descongestionar los establecimientos de salud existentes al mejorar el acceso y la calidad de la atención para los pacientes de EsSalud.

Los estudios del sector coinciden en que las altas tasas de espera para conseguir una cita en EsSalud, potencialmente, pueden generar: agravamiento de las enfermedades, limitaciones a la medicina preventiva, demoras en el retorno a las actividades laborales, pérdida de días laborales de pacientes, gastos adicionales en el servicio de transporte y la presencia de síntomas psicológicos como tristeza, decepción e, incluso, estrés emocional. Asimismo, la demora en recibir la atención afecta a la institución en cuanto a la evaluación de la calidad de los servicios de salud ofrecidos.

De acuerdo con la Contraloría General de la República (CGR), en el 2018, varios hospitales de la región La Libertad pertenecientes a EsSalud enfrentaron deficiencias para la prestación de los principales servicios de salud debido a la falta de recursos humanos, equipamiento e infraestructura adecuada.² Esta situación generó largas demoras en la atención, incumplimiento de normativas y malestar entre los pacientes, quienes experimentaron un servicio ineficiente y de baja calidad. El informe afirma que, la carencia de personal y materiales en áreas críticas como emergencias y farmacia, así como la falta de implementación de sistemas modernos, pone en riesgo la salud y la vida de los usuarios, aumentando las quejas y el descontento generalizado.

En este contexto, esta investigación tiene como objetivo analizar y cuantificar el impacto que pueden generar las APP en salud en Perú, sobre el descongestionamiento de otros establecimientos de salud de las redes Sabogal y Rebagliati. Se espera que, luego del inicio de operaciones de las APP en el 2014, los establecimientos de salud más cercanos a las nuevas APP hayan podido registrar una descongestión en el número de asegurados asignados y consultas realizadas. Ello posibilitaría una mejora en la calidad de los servicios de salud y posibles reducciones en los tiempos de espera para conseguir una cita y para ser atendidos.

Aunque la expansión de la oferta de servicios de salud puede reducir el congestionamiento mediante la construcción de nuevos establecimientos, independientemente del tipo de

²Revisar: <https://www.gob.pe/institucion/contraloria/noticias/496150-519-2018-cg-contraloria-alerta-riesgos-en-hospitales-de-la-libertad-por-deficiencias-en-principales-servicios-de-salud>

financiamiento, es importante reconocer las ventajas específicas del modelo de APP, que se presenta como un mecanismo más eficiente y sostenible, superando el simple aumento de capacidad. Actualmente, los hospitales construidos bajo el esquema de APP están operativos, en contraste con algunos establecimientos construidos mediante obra pública tradicional, que, aunque terminados, enfrentan restricciones operativas por falta de equipamiento y personal.

Los complejos hospitalarios Guillermo Kaelin y Alberto Barton se componen de un policlínico, un hospital especializado y una unidad domiciliaria. Este estudio analiza el impacto de las APP en el sector Salud, con especial énfasis en el papel desempeñado por los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton, cada uno perteneciente al complejo hospitalario concesionado que lleva su mismo nombre, ya que se cree que existe una amplia cantidad de establecimientos de salud que pudieron verse descongestionados con la puesta en operaciones de estos policlínicos.

Asimismo, los hospitales especializados pertenecen a un mercado de salud distinto a los policlínicos. En ese sentido, el hospital especializado solo podría descongestionar a un establecimiento de salud de similares características; es decir, a establecimientos de salud que gestionen casos más graves y complejos con tecnología avanzada y una infraestructura más desarrollada. En esa línea, este estudio excluye a los hospitales especializados los cuales no cuentan con asegurados asignados para consultas primarias y de prevención.

Para lograr el objetivo del estudio, se aplica el método de diferencias en diferencias utilizando la especificación del *two-way fixed-effect*, que es comúnmente utilizado en investigaciones empíricas para identificar efectos causales. El tratamiento comienza con el inicio de operaciones de los policlínicos en 2014. Además, se lleva a cabo un estudio de eventos con datos de panel, que incorpora un único indicador de *post event* para todos los períodos posteriores a la ocurrencia del evento en las unidades tratadas. El estudio de eventos permite contrastar de manera indirecta el supuesto de tendencias paralelas del modelo de diferencias en diferencias.

Se espera que los resultados de este análisis favorezcan una mayor comprensión de los beneficios de las concesiones bajo el esquema de APP; al analizar el caso de los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton, y su contribución al descongestionamiento de otros establecimientos de salud y de manera indirecta a la calidad de los servicios de salud del país. Asimismo, se espera que esta investigación sea una herramienta valiosa para los encargados de formular políticas públicas dirigidas al desarrollo económico. Esta investigación representa un aporte a la literatura empírica, ya que es el primer estudio en Perú que emplea un método de inferencia causal para evaluar los efectos de los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton que forman parte de los primeros complejos hospitalarios adjudicados bajo el mecanismo de APP del sector Salud en Perú.

Este estudio se organiza en seis partes distintas. La primera sección proporciona una introducción a la investigación. La segunda sección ofrece una revisión de la literatura, resaltando los estudios relevantes, tanto a nivel nacional como internacional. En la tercera sección se describe la estrategia empírica de estimación junto con los supuestos aplicados. La cuarta sección aborda una discusión sobre los datos utilizados para las estimaciones. La quinta sección presenta los resultados y se realiza un análisis de las estimaciones obtenidas. Finalmente, la sexta sección incluye las conclusiones, así como las recomendaciones finales.

2. Revisión de literatura

2.1. Literatura internacional

A nivel internacional existen diferentes estudios que buscan analizar la relación y el impacto de la infraestructura y/o prestación de servicios de salud sobre alguna variable que capture una medida de bienestar económico de la población. La mayor parte de estudios evalúan el efecto sobre las consultas y la calidad del servicio. Las principales características de los documentos revisados que forman parte de esta sección se encuentran listados en los cuadros 1, 2, 3, 4, 5, 6. Cada cuadro incluye el objetivo, la unidad de análisis, la estructura de datos, las variables de resultado (dependiente) y explicativa, la metodología empleada y los principales resultados encontrados.

Sobre la unidad de análisis, [Babiarz, Miller, Yi, Zhang, y Rozelle \(2010\)](#) analizaron clínicas y pacientes de atención primaria en China, mientras que [Besstremyannaya \(2013\)](#), [Gravelle, Santos, y Siciliani \(2014\)](#) y [Wang, Wang, y McLeod \(2018\)](#) se centraron en hospitales de Japón, Inglaterra y EE. UU. Por otro lado, estudios como los de [Mohanani *et al.* \(2013\)](#), [Yu *et al.* \(2021\)](#), [Binyaruka *et al.* \(2015\)](#), [Cookson *et al.* \(2017\)](#), [Courtemanche, Marton, Ukert, Yelowitz, y Zapata \(2017\)](#), [Dimitrovová, Perelman, y Serrano-Alarcón \(2020\)](#), [Zolfaghari, Kabiri, y Saadatmanesh \(2020\)](#), [Hou y Zhang \(2017\)](#) y [Tu, Zang, Tan, Zhou, y Yu \(2022\)](#) emplean datos a nivel regional y/o de individuos, mientras que investigaciones como la de [Gabani, Mazumdar, y Suhrcke \(2023\)](#), [Jakovljevic, Sugahara, Timofeyev, y Rancic \(2020\)](#), [Isreal Akingba, Kaliappan, y Hamzah \(2018\)](#) y [Wang \(2015\)](#) lo realizan a nivel de países.

En cuanto a la estructura de datos, en los cuadros 1, 2, 3, 4, 5, 6 se incluyen estudios que utilizan panel de datos para su análisis. Específicamente, se muestra que [Babiarz *et al.* \(2010\)](#) analizaron entre 156 y 160 clínicas que atendieron entre 3 257 y 8 339 pacientes en China en los años 2009 y 2010; [Besstremyannaya \(2013\)](#) y [Gravelle *et al.* \(2014\)](#) trabajaron con 832 hospitales en Japón desde 1999 hasta el 2009 y con 147 hospitales en Inglaterra desde el 2009 hasta el 2010, respectivamente. Por su parte, [Mohanani *et al.* \(2013\)](#) y [Binyaruka *et al.* \(2015\)](#) utilizaron datos de 5 597 hogares en India en el periodo entre el 2005 y 2010 de 3 000 hogares y 1 500 pacientes en África entre enero del 2012 y febrero del 2013, respectivamente.

[Wang \(2015\)](#) y [Jakovljevic *et al.* \(2020\)](#) examinaron datos de 34 países de la OCDE desde 1999 hasta 2009 y 9 países asiáticos desde 1996 hasta 2017; [Cookson *et al.* \(2017\)](#) y [Courtemanche *et al.* \(2017\)](#) trabajaron con datos de 32 482 barrios en Inglaterra en el periodo entre el 2004 y 2011 y con 18 961 barrios de Ontario entre los años del 2011 y 2014, respectivamente. Además, [Hou y Zhang \(2017\)](#) analizaron datos de 11 592 personas en China desde 2004 hasta 2011; [Tu *et al.* \(2022\)](#) utilizaron 259 ciudades en China desde el 2004 hasta el 2011; [Dimitrovová *et al.* \(2020\)](#) emplearon datos de 276 municipios de Portugal entre los años 2000 y 2015; [Zolfaghari *et al.* \(2020\)](#) evaluaron 31 provincias de Irán desde el 2007 hasta el 2016. Asimismo, [Yu *et al.* \(2021\)](#) trabajaron con datos de 33 591 pacientes en Corea del Sur para 2009 y 2014. Por su parte, [Wang *et al.* \(2018\)](#) evaluaron 266 hospitales de EE. UU. para el 2016 e [Isreal Akingba *et al.* \(2018\)](#) utilizaron datos de series de tiempo a la población de Singapur desde 1980 hasta 2013.

Sobre la variable de resultado, en [Babiarz *et al.* \(2010\)](#) se enfocaron en el flujo pacientes y el ingreso bruto mientras que, [Besstremyannaya \(2013\)](#), [Gravelle *et al.* \(2014\)](#) y [Wang *et al.* \(2018\)](#) evaluaron la eficiencia, calidad, rendimiento y productividad hospitalaria. Por otro lado, [Mohanani *et al.* \(2013\)](#), [Yu *et al.* \(2021\)](#) y [Binyaruka *et al.* \(2015\)](#) investigaron tasas de parto, tratamiento de enfermedades y cobertura institucional. [Cookson *et al.* \(2017\)](#) y [Courtemanche *et al.* \(2017\)](#) analizaron la mortalidad y la tasa de no asegurados, [Dimitro-](#)

vová *et al.* (2020), Zolfaghari *et al.* (2020) y Hou y Zhang (2017) estudiaron hospitalizaciones, desigualdad de ingresos y seguros de salud. Finalmente, Tu *et al.* (2022) evaluarón la dotación médica, y Gabani *et al.* (2023), Jakovljevic *et al.* (2020), Isreal Akingba *et al.* (2018) y Wang (2015) revisaron esperanza de vida, mortalidad infantil, crecimiento económico y PIB per cápita.

Sobre la variable explicativa, diversos estudios utilizaron variables ficticias (*dummy*) para identificar a los beneficiarios de programas específicos: Babiarz *et al.* (2010) para clínicas beneficiadas, Besstremyannaya (2013) para hospitales beneficiados, Mohanan *et al.* (2013) para hogares en distritos con el programa Chiranjeevi Yojana, y Binyaruka *et al.* (2015) para beneficiarios del esquema de pago por desempeño (P4P). Cookson *et al.* (2017) y Courtemanche *et al.* (2017) aplicaron *dummy* para identificar a los beneficiarios con las reformas en atención primaria y la Ley de Atención Médica Asequible (ACA), mientras que Hou y Zhang (2017) utilizaron una *dummy* para identificar a las áreas de alto efecto del programa URBMI, y Yu *et al.* (2021) para identificar a pacientes beneficiados por programas mixtos público-privados contra la tuberculosis. Tu *et al.* (2022) emplearon una *dummy* para la implementación del programa «Broadband China» (BCCP). En cuanto a variables relacionadas con costos y gastos, Wang (2015) analizó el gasto en salud respecto al PIB per cápita, Isreal Akingba *et al.* (2018) consideraron el gasto en infraestructura de salud per cápita, y Wang *et al.* (2018) los gastos en tecnología de la información en salud. Además, Jakovljevic *et al.* (2020) y Gabani *et al.* (2023) examinaron el gasto en salud. Dimitrovová *et al.* (2020) y Zolfaghari *et al.* (2020) utilizaron variables relacionadas con la implementación de Unidades de Salud Familiar (FHU) y el gasto en infraestructura de salud, respectivamente. Finalmente, Gravelle *et al.* (2014) utilizaron la distancia y tiempo de viaje entre hospitales.

En cuanto a las metodologías utilizadas, Babiarz *et al.* (2010), Mohanan *et al.* (2013), Besstremyannaya (2013), Binyaruka *et al.* (2015), Hou y Zhang (2017), Dimitrovová *et al.* (2020), Yu *et al.* (2021) y Cookson *et al.* (2017) emplearon una metodología de diferencias en diferencias (DD). En Gravelle *et al.* (2014) utilizaron un modelo de regresión espacial. Wang (2015) utilizó el método de mínimos cuadrados generalizados. Courtemanche *et al.* (2017) adoptaron un enfoque de diferencias en diferencias en diferencias (DDD). Isreal Akingba *et al.* (2018) utilizaron un modelo autorregresivo de rezago distribuido (ARDL) de cointegración. Wang *et al.* (2018), Gabani *et al.* (2023) y Jakovljevic *et al.* (2020) utilizaron un panel de efectos fijos (EF), por otro lado, Zolfaghari *et al.* (2020) utilizaron un *pooled*. Finalmente, Tu *et al.* (2022) aplicaron una combinación de diferencias en diferencias espacial (DDS), modelo de rezago espacial (MRE), modelo de error espacial (MEE) y modelo de Durbin (MED) en su análisis de infraestructura de información en China.

Con relación a los principales resultados encontrados, Babiarz *et al.* (2010) muestran que el Nuevo Plan Médico Cooperativo Rural de China incrementó el flujo de pacientes, los ingresos clínicos y redujo el gasto médico directo, mejorando el acceso y la eficiencia en áreas rurales. Gravelle *et al.* (2014) encuentran que la calidad de los hospitales en Inglaterra se beneficia de la calidad de los hospitales rivales, destacando la importancia de la proximidad en el análisis de calidad. Binyaruka *et al.* (2015) reportan que un esquema de Pago por Desempeño en África mejoró la cobertura de partos institucionales y la provisión de antipalúdicos, pero redujo el uso de servicios no específicos en dispensarios.

De manera similar a los estudios listados, Besstremyannaya (2013); Hou y Zhang (2017); Isreal Akingba *et al.* (2018); Wang *et al.* (2018); Jakovljevic *et al.* (2020); Zolfaghari *et al.* (2020); Yu *et al.* (2021); Tu *et al.* (2022) y Gabani *et al.* (2023) hallaron impactos relevantes por la implementación de un programa y/o gasto en infraestructura de salud en la productividad, rendimiento y eficiencia hospitalaria. Por otro lado, en los estudios desarrollados por

Cuadro 1: Revisión de la literatura internacional - Parte 1

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Babiarz <i>et al.</i> (2010)	Determinar si el Nuevo Plan Médico Cooperativo Rural de China, han afectado el funcionamiento y uso de las clínicas de salud en las aldeas rurales.	Clínicas y pacientes de atención primaria en China.	Panel 156 y 160 clínicas y 3257 y 8339 pacientes para los años 2004 y 2007.	* Flujo semanal de pacientes atendidos. * Ingreso mensual bruto. * Probabilidad de buscar atención médica. * Gasto médico directo.	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si se ve beneficiado por el programa y 0 en otro caso.	DD	El programa se asoció con un aumento del 26 % en el flujo semanal de pacientes y del 29 % en los ingresos brutos mensuales. Asimismo, se encontró un aumento del 5 % en el uso de las clínicas y con reducciones del gasto médico directo en un 19 %.
Barlow, Roehrich, y Wright (2013)	Discutir las lecciones aprendidas a partir de las asociaciones público-privadas para financiar los costos de construcción y funcionamiento de hospitales públicos y otras instalaciones de atención de la salud y la prestación de servicios en Europa.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	Los primeros modelos de estas asociaciones posiblemente no hayan cumplido las expectativas de lograr mayores eficiencias a menores costos. Los modelos más nuevos ofrecen mayores oportunidades de ganancias de eficiencia.
Bestrenyannaya (2013)	Evaluar el efecto de la reforma de la financiación hospitalaria que establece un sistema de pago prospectivo (PPS) para la atención hospitalaria sobre la eficiencia técnica y de costos de los hospitales públicos locales.	Hospitales públicos de Japón.	Panel 832 hospitales de 1999-2009.	* Puntajes de eficiencia.	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el hospital se beneficia del programa y 0 en otro caso.	DD	Las estimaciones revelan que el PPS da lugar a una ganancia de eficiencia limitada, que podría estar relacionada con los incentivos inadecuados creados por la tarifa de dos partes del PPS en Japón.
Mohanani <i>et al.</i> (2013)	Evaluar el efecto del programa Chiranjeevi Yojana, una asociación público-privada para mejorar la salud materno-infantil en Gujarat, India.	Hogares de India.	Panel 5597 de 2005-2010.	* Tasa de parto institucional. * Tasa de defunción materna y neonatal.	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el hogar se encuentra dentro del distrito beneficiado y 0 en otro caso.	DD	El programa Chiranjeevi Yojana no parece haber tenido un impacto significativo en las tasas de partos institucionales ni en los resultados de salud materna.

Nota: N. A. es no aplica, DD es diferencias en diferencias, MGM es método generalizado de momentos, DDD es diferencias en diferencias en diferencias, ARDL es autorregresivo de rezago distribuido, EF es efectos fijos, MC2E es mínimos cuadrados en dos etapas, PSM es *propensity score matching*, DDS es diferencias en diferencias espacial, MRE es modelo de rezago espacial, MEE es modelo de error espacial y MED es modelo de Durbin.

Cuadro 2: Revisión de la literatura internacional - Parte 2

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Gravelle et al. (2014)	Examinar si la calidad de un hospital se ve afectada por la calidad que brindan otros hospitales en el mismo mercado.	Hospitales de Inglaterra.	Panel de 147 hospitales de 2009-2010.	* Conjunto de indicadores de calidad.	Distancia y tiempo de viaje entre hospitales rivales.	Modelo espacial	La calidad de un hospital está asociada positivamente con la calidad de sus rivales para 7 de las 16 medidas de calidad. Un aumento en la calidad de los rivales en un 10 % aumenta la calidad de un hospital en un 1,7 % a 2,9 %. El hallazgo sugiere que para algunas medidas de calidad una política que mejora la calidad en un hospital tendrá efectos secundarios positivos en la calidad en otros hospitales. La distancia entre hospitales es una variable a tomar en cuenta en el análisis.
Binyaruka et al. (2015)	Evaluar los efectos de un esquema de pago por desempeño (P4P) en los países de bajos ingresos sobre la cobertura de servicios de calidad y la asequibilidad, en consonancia con los objetivos de cobertura sanitaria universal.	Hogares y pacientes de África.	Panel de 3000 hogares y 1 500 pacientes de enero del 2012 a febrero del 2013.	* Cobertura de partos institucionales. * Provisión de antipalúdicos durante el embarazo. * Satisfacción del paciente.	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si se encuentra beneficiado por el P4P y 0 en otro caso.	DD	Se encontró un aumento del 8,2 % en la cobertura de partos institucionales entre las mujeres en el área de intervención, y un aumento del 10,3 % en la provisión de antipalúdicos durante el embarazo. El uso de servicios no específicos se redujo en los dispensarios en 57,5 visitas por mes entre los niños menores de cinco años y en 90,8 visitas por mes para los mayores de cinco años.
Wang (2015)	Estimar el gasto sanitario óptimo en una economía en crecimiento aplicado a las experiencias de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) durante el período de 1990 a 2009.	Países de la OCDE.	Panel data: 34 países de 1999-2009.	* PIB per cápita.	Gasto en Salud respecto del PIB.	MGM	La evidencia empírica indica que cuando la relación entre el gasto sanitario y el PIB es inferior al nivel óptimo de 7,55 %, los aumentos del gasto sanitario conducen efectivamente a un mejor desempeño económico. Por encima de este nivel, un mayor gasto no equivale a una mejor atención.

Nota: N. A. es no aplica, DD es diferencias en diferencias, MGM es método generalizado de momentos, DDD es diferencias en diferencias en diferencias, ARDL es autorregresivo de rezago distribuido, EF es efectos fijos, MCE es mínimos cuadrados en dos etapas, PSM es *propensity score matching*, DDS es diferencias en diferencias espacial, MRE es modelo de rezago espacial, MEE es modelo de error espacial y MED es modelo de Durbin.

Cuadro 3: Revisión de la literatura internacional - Parte 3

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Cookson et al. (2017)	Analizar si la inversión en atención primaria orientada a la equidad puede reducir la desigualdad en materia de salud en entornos de altos ingresos que cuentan con sistemas de atención primaria universal preexistentes.	Barrios en Inglaterra y Ontario.	Panel data: 32482 barrios de Inglaterra y 18 961 barrios en Ontario de 2004-2011.	* Mortalidad prevenible y tratable.	<i>Dummy</i> que toma 1 si es favorecido con la reforma de atención primaria y 0 en otro caso.	DD	En comparación con Ontario, la brecha absoluta en mortalidad tratable en Inglaterra se redujo entre 2004 y 2006, y 2007 y 2011 en 19,8 por cada 100 000 habitantes y la brecha relativa en mortalidad tratable se redujo en 10 puntos porcentuales. La mayor divergencia se produjo en el grupo de barrios del decil más desfavorecido.
Courtemanche et al. (2017)	Estimar los efectos causales de la Ley de Atención Médica Asequible (ACA) sobre la cobertura de seguros de salud utilizando datos de la Encuesta de la Comunidad Estadounidense.	Individuo, localidad y estados de los EE. UU.	Panel data: individuos de 2011-2014.	* Tasa de no asegurados	<i>Dummy</i> que toma 1 si el estado participa en la ACA y 0 en otro caso.	DDD	La ACA completa aumentó la proporción de residentes con seguro en 5,9 puntos porcentuales. Las expansiones de seguros privados a partir de la ACA fueron para quienes no tenían un título universitario, no eran blancos, eran adultos jóvenes, solteros y no tenían hijos en el hogar.
Hou y Zhang (2017)	Identificar los efectos causales de la expansión del seguro de salud pública sobre el desarrollo del seguro de salud privado en el caso de la expansión del programa de Seguro Médico Básico Urbano Residencial (URBMI) en China.	Población de China.	Panel data: 11592 personas de 2004-2011.	* Inscripción del URBMI. * Adopción de seguros privados.	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el individuo se encuentra en un área de alto efecto y 0 en caso contrario.	DD	El artículo concluye que la inscripción al seguro de salud privado no se ve afectada por la introducción y expansión del URBMI. Más bien, el seguro de salud privado desempeña funciones complementarias.
Isreal Akingba et al. (2018)	Analizar los impactos a largo plazo del capital de salud en el crecimiento económico de Singapur de 1980 a 2013.	Singapur	Serie de tiempo de 1980-2013.	* PIB per cápita.	Gasto en infraestructura de salud per cápita.	ARDL	Los resultados confirman que el capital sanitario afecta positiva y significativamente al crecimiento económico de Singapur a largo plazo.

Nota: N. A. es no aplica, DD es diferencias en diferencias, MGM es método generalizado de momentos, DDD es diferencias en diferencias en diferencias, ARDL es autorregresivo de rezago distribuido, EF es efectos fijos, MC2E es mínimos cuadrados en dos etapas, PSM es *propensity score matching*, DDS es diferencias en diferencias espacial, MRE es modelo de rezago espacial, MEE es modelo de error espacial y MED es modelo de Durbin.

Cuadro 4: Revisión de la literatura internacional - Parte 4

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Wang et al. (2018)	Examinar las relaciones entre los gastos en tecnología de la información en salud, los procesos empresariales intermedios, el desempeño financiero de los hospitales y la productividad.	Hospitales de EE. UU.	Corte transversal: 3 266 hospitales para el 2016.	* Rendimiento de activos (ROA). * Productividad	Gastos operativos y de capital en tecnología de la información.	Panel EF y MC2E	Los gastos en tecnología de la información sanitaria, incluidos los gastos operativos de tecnología de la información y los gastos de capital, están asociados positivamente con el rendimiento de los activos y la productividad de los hospitales.
Dimitrovová et al. (2020)	Evaluar el impacto de la implementación de las Unidades de Salud Familiar (FHU) en los resultados de salud de la población y explorar la efectividad del pago por desempeño en la atención primaria.	Municipalidades de Portugal.	Panel data: 276 municipios de 2000-2015.	* Tasa de hospitalización.	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el municipio implementó la FHU y 0 en caso contrario.	DD	No se encontró un impacto significativo de la implementación de las USF en la reducción de la tasa de hospitalización. Asimismo, los resultados cuestionan la capacidad de este mecanismo de pago para lograr mejores resultados de salud.
Jakovljevic et al. (2020)	Evaluar la efectividad del gasto en atención médica entre las principales economías asiáticas.	Países 1/	Panel data: 9 países de 1996-2017.	* Mortalidad infantil. * Esperanza de vida saludable.	Gasto per cápita en salud.	Panel EF	La calidad de la gobernanza y el gasto sanitario actual determinan el rendimiento del sistema de atención sanitaria. La densidad de población y la urbanización están asociadas positivamente con una esperanza de vida saludable en los países asiáticos no pertenecientes a la OCDE. En este grupo, el consumo de agua potable tiene un efecto estadísticamente negativo sobre la esperanza de vida saludable.

Nota: N. A. es no aplica, DD es diferencias en diferencias, MGM es método generalizado de momentos, DDD es diferencias en diferencias en diferencias, ARDL es autorregresivo de rezago distribuido, EF es efectos fijos, MC2E es mínimos cuadrados en dos etapas, PSM es *propensity score matching*, DDS es diferencias en diferencias espacial, MRE es modelo de rezago espacial, MEE es modelo de error espacial y MED es modelo de Durbin.

1/ Se incluye países miembros y no miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Entre los miembros de la OCDE se encuentran Japón y la República de Corea, mientras que los siete países no pertenecientes a la OCDE son China, India, Indonesia, Malasia, Pakistán, Filipinas y Tailandia.

Cuadro 5: Revisión de la literatura internacional - Parte 5

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Moro y Morea (2020)	Revisar la literatura, analizar algunos cuellos de botella de la cadena de suministro, abordar soluciones relacionadas con los efectos de red de las plataformas para mejorar las interacciones de las asociaciones público-privadas (APP) e investigar el análisis de costo-beneficio de la salud digital con un caso empírico.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	Las tecnologías digitales son útiles incluso para la vigilancia de enfermedades infecciosas, como la de la pandemia de coronavirus, para apoyar la intervención masiva de atención médica, descongestionar los hospitales y proporcionar big data oportuno.
Zolfaghari et al. (2020)	Evaluar los efectos de los gastos de infraestructura económica (energía, agua, TIC) y social (salud, educación) sobre la desigualdad de ingresos en las provincias iraníes.	Provincias de Irán.	Panel data: 31 provincias de 2007-2016.	* Valor agregado real del sector Industrial. * Valor agregado real del sector de Servicios. * Valor agregado real del sector Agricultura.	Gasto en infraestructura de salud.	<i>Pooled</i>	Los resultados muestran que las mejoras en las infraestructuras sociales y económicas reducen la desigualdad de ingresos. Sin embargo, la magnitud de estos efectos varía. La inversión en infraestructuras de educación, atención médica, tecnología de la comunicación, energía y agua tiene el mayor impacto en la reducción de la desigualdad de ingresos.
Yu et al. (2021)	Evaluar los programas mixtos público-privados (PPM) contra la tuberculosis en Corea del Sur.	Pacientes con tuberculosis de Corea del Sur.	Panel data: 33591 pacientes para el 2009 y 2014.	* Tasa de éxito del tratamiento. * Pérdida de seguimiento médico.	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si el paciente con tuberculosis se vio beneficiado del programa y 0 en caso contrario.	DD y PSM	La ampliación del programa PPM se asoció con mejoras en los resultados del tratamiento de la tuberculosis en el sector privado de Corea del Sur. La gobernanza financiera centralizada y los mecanismos regulatorios fueron fundamentales para facilitar la integración del sector privado surcoreano en el Programa Nacional de Control de la Tuberculosis y la ampliación de la intervención PPM.

Nota: N. A. es no aplica, DD es diferencias en diferencias, MGM es método generalizado de momentos, DDD es diferencias en diferencias en diferencias, ARDL es autorregresivo de rezago distribuido, EF es efectos fijos, MC2E es mínimos cuadrados en dos etapas, PSM es *propensity score matching*, DDS es diferencias en diferencias espacial, MRE es modelo de error espacial y MED es modelo de Durbin.

Cuadro 6: Revisión de la literatura internacional - Parte 6

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Tu et al. (2022)	Evaluar el impacto del desarrollo de la infraestructura de información en el entorno de atención médica urbana basado en un experimento cuasi-natural de los pilotos urbanos de «Broadband China» (BCCP).	Ciudades de China.	Panel de 259 ciudades de 2010-2019.	* Número de médicos. * Número de camas de hospital.	<i>Dummy</i> que toma el valor de 1 si la ciudad implementa el programa BCCP y 0 en caso contrario.	DDS, MRE, MEE y MED	La implementación del programa aumentó en 4,1 % y 2,9 % en la fuerza laboral médica y la infraestructura médica. Además, existen importantes efectos indirectos espaciales de la implementación del programa, con una mejora del 7,2 % y el 12,5 % en la fuerza laboral médica y la infraestructura médica en las áreas circundantes.
Gabani et al. (2023)	Evaluar el impacto de diferentes sistemas de financiamiento de salud en los resultados del sistema de salud.	Países	Panel de 124 países del 2000-2017.	* Esperanza de vida al nacer. * Mortalidad infantil menor de 5 años, por 1000 nacidos vivos. * Gasto catastrófico en salud, umbral del 10 %.	Variable creada que mide el sistema de financiamiento en salud.	Panel EF	La transición a un financiamiento gubernamental aumentó la esperanza de vida (1,3 años) y redujo la mortalidad infantil menor de 5 años (8,7 %) y la incidencia de gastos catastróficos en salud (en 3,3 puntos porcentuales).

Nota: N. A. es no aplica, DD es diferencias en diferencias, MCM es método generalizado de momentos, DDD es diferencias en diferencias en diferencias, ARDL es autorregresivo de rezago distribuido, EF es efectos fijos, MC2E es mínimos cuadrados en dos etapas, PSM es *propensity score matching*, DDS es diferencias en diferencias espacial, MRE es modelo de rezago espacial, MEE es modelo de error espacial y MED es modelo de Durbin.

Mohanan *et al.* (2013) y Dimitrovová *et al.* (2020) no se encontró evidencia estadística de impacto significativo de la implementación del programa Chiranjeevi Yojana y las Unidades de Salud Familiar, respectivamente.

En contraste con los estudios revisados, el presente trabajo de investigación se distingue por realizar un análisis del efecto que tiene la apertura de los nuevos policlínicos concesionados Guillermo Kaelin y Alberto Barton sobre el descongestionamiento de los establecimientos de salud cercanos. A diferencia de las investigaciones revisadas, este estudio muestra el impacto de las APP en el sector Salud respecto al descongestionamiento, lo que puede estar asociado, indirectamente, con su potencial contribución para mejorar la calidad de los servicios en otros establecimientos de salud, al reducir la presión sobre sus recursos y facilitar un mejor manejo de la demanda asistencial. Este enfoque aporta una perspectiva novedosa, subrayando el potencial de las APP para fortalecer el sistema de salud en su conjunto, más allá de los efectos inmediatos en las infraestructuras directamente involucradas.

2.2. Literatura nacional

En esta subsección se realiza una revisión de aquellos documentos que investigan los efectos que pueden tener los proyectos de salud en Perú. Al respecto, se ha priorizado la revisión de aquellos estudios que evalúan los efectos de las APP. En el cuadro 7 se presenta un resumen con las principales características de los estudios encontrados.

En el referido cuadro se incluyen características como el objetivo, la unidad de análisis, la estructura de datos, las variables dependiente y explicativa, la metodología empleada y los principales resultados encontrados. Asimismo, cabe indicar que los estudios encontrados son pocos en relación con aquellos encontrados a nivel internacional y de estos, el único que realiza un análisis cuantitativo es el desarrollado por Eslava y Sáenz (2022).

Sobre el objetivo que persiguen los documentos de investigación se tiene que, aquellos desarrollados por Orellana (2013), Zevallos, Salas, y Robles (2014) y Romero y Gideon (2020) estudian los efectos que han tenido las APP en el sector Salud en Perú, mientras que Eslava y Sáenz (2022) analizan el efecto de la cobertura del SIS sobre el ingreso, gastos e inversión en capital humano ante la ocurrencia de una enfermedad al interior de los hogares rurales.

La mayor parte de estudios tiene información de unidad de análisis, estructura de datos, variable dependiente y variable explicativa al ser estudios más cualitativos. Por otra parte, Eslava y Sáenz (2022) emplean como unidad de análisis los hogares peruanos, la estructura de datos que utilizan es de datos de panel del 2011 al 2015, emplean como variables dependientes el ingreso del hogar, el gasto del hogar y la proporción de hijos matriculados en escuelas, emplean como variable explicativa una variable que mide si los hogares estaban cubiertos por el SIS y utilizan el método de *propensity score matching* con diferencias en diferencias.

Respecto de los principales resultados encontrados, Orellana (2013) señala que las APP en salud son oportunidades que permiten reducir las necesidades del servicio e infraestructura; Zevallos *et al.* (2014) indican que aún no existe evidencia suficiente para medir los resultados, en esa línea; Romero y Gideon (2020) señalan que las APP en salud, por ejemplo, podrían terminar generando una mayor desigualdad, mientras que, Eslava y Sáenz (2022) indican que, ante el *shock* de salud, los hogares que cuentan con SIS experimentan decrecimiento en sus ingresos y gasto de corto plazo.

Este trabajo de investigación se posiciona como una contribución a la literatura existente al ofrecer una cuantificación del impacto de las APP en el sector Salud para el caso peruano. A diferencia de las investigaciones anteriores realizadas en el país, que presentan

Cuadro 7: Revisión de la literatura nacional

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Orellana (2013)	Analizar la aplicación de la modalidad APP en el sector Salud en Perú comparando el caso peruano con casos internacionales.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	Cualitativo	Las APP en salud son oportunidades que permiten reducir las necesidades del servicio e infraestructura.
Zevallos et al. (2014)	Estudia la importancia de las APP para el sistema de salud peruano.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	Cualitativo	Señala que aún no existe evidencia suficiente para medir los resultados. Por tanto, no se puede asegurar que las APP sean una solución sino una alternativa.
Romero y Gideon (2020)	Examinar los debates en torno a las APP en el sector Salud para Perú y América Latina.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	Cualitativo	Existe cierta controversia en la aplicación de las APP en el sector Salud, por ejemplo, que pueden terminar generando una mayor desigualdad. Se debe apoyar el fortalecimiento del debate en relación a este tipo de políticas.
Eslava y Sáenz (2022)	Analizar el efecto de la cobertura del SIS sobre el ingreso, gastos e inversión en capital humano ante la ocurrencia de una enfermedad al interior de los hogares rurales peruanos.	Hogares peruanos.	Datos de panel: Desde 2011 - 2015.	* Ingreso del hogar. * Gasto del hogar. * Proporción de hijos matriculados en escuelas.	Hogares que experimentaron un <i>shock</i> , que estaban cubiertos por el SIS.	<i>Propensity score matching</i> con diferencias en diferencias.	Ante el <i>shock</i> de salud, los hogares que cuentan con SIS experimentan decrecimiento en sus ingresos y gasto de corto plazo.

Nota: N. A. es No Aplica, APP es asociación público-privada, SIS es Seguro integral de Salud.

análisis cualitativos, este estudio emplea una técnica de medición causal ampliamente reconocida y utilizada en la literatura internacional. Esto no solo refuerza la validez de los resultados obtenidos, sino que también permite una comparación rigurosa y contextualizada con los estándares internacionales, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas en políticas públicas.

3. Estrategia empírica

Para lograr los objetivos de este trabajo de investigación se estima un modelo de diferencias en diferencias bajo la especificación de un panel de datos controlado por efectos fijos de tiempo y por observación (individuos) conocido como *two-way fixed effects* (TWFE). Conforme lo indicado en [Arkhangelsky y Imbens \(2024\)](#), bajo esta especificación el outcome del control ($Y_{it}(0)$) debe satisfacer lo siguiente:

$$y_{i,t}(0) = \alpha_i + \beta_t + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

Donde ϵ_{it} es independiente de la política de tratamiento. La ecuación anterior indica que, de no brindarse el tratamiento, el resultado obtenido viene determinado por los efectos fijos de observación y los efectos fijos temporales. Asimismo, el *outcome* potencial cuando se recibe el tratamiento viene determinado por la siguiente ecuación:

$$y_{i,t}(1) = y_{i,t}(0) + \tau \quad (2)$$

En esta ecuación se observa que τ mide la diferencia entre el *outcome* de recibir o no el tratamiento. Uniendo las ecuaciones 1 y 2, y considerando la asignación de un tratamiento (T_{it}) que toma el valor de 1 si la unidad es tratada y de 0 si no es tratada, con ello se tiene que, la variable Y_{it} puede tomar distintos valores dependiendo si el individuo recibe o no el tratamiento:

$$y_{i,t} \equiv T_{i,t} \cdot y_{i,t}(1) + (1 - T_{i,t}) \cdot y_{i,t}(0) \quad (3)$$

$$y_{i,t} = \alpha_i + \beta_t + \tau \cdot T_{i,t} + \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

Siendo la ecuación 4 aquella que se va a estimar. Los parámetros a través del método de mínimos cuadrados ordinarios se obtienen mediante un proceso de optimización:

$$\left(\hat{\tau}^{TWFE}, \hat{\alpha}, \hat{\beta} \right) = \arg \min_{\tau, \alpha, \beta} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^M (y_{i,t} - \alpha_i - \beta_t - \tau \cdot T_{i,t}) \quad (5)$$

El parámetro de interés que permite identificar el efecto causal de la política es el $\hat{\tau}^{TWFE}$. Una forma de reescribir el estimador del efecto de tratamiento es la siguiente:

$$\hat{\tau}^{TWFE} = \left(y^{trat,post} - y^{trat,pre} \right) - \left(y^{cont,post} - y^{cont,pre} \right) \quad (6)$$

Siendo esta una forma bastante similar al método de diferencias en diferencias usualmente conocido. Sin embargo, según [Arkhangelsky y Imbens \(2024\)](#) resulta mejor emplear

la caracterización TWFE de la ecuación 4 porque aplica en entornos donde el estimador no tiene la forma de doble diferencia.

Adicionalmente, aprovechando los datos de panel se va a realizar la estimación del método de estudios de eventos. Los estudios de eventos ocupan un lugar destacado en la literatura actual ya que presenta un enfoque más explícito de los efectos causales; asimismo, los estudios de eventos permiten probar de manera indirecta el supuesto de tendencias paralelas (supuesto de identificación del modelo de diferencias en diferencias) y analizar el efecto de la política en el tiempo.

Cabe indicar que el supuesto de tendencias paralelas establece que, en ausencia de la intervención, las tendencias temporales de los grupos de tratamiento y control habrían seguido trayectorias similares a lo largo del tiempo. En otras palabras, se asume que cualquier diferencia observada entre los grupos antes de la intervención es constante y no varía con el tiempo.

Este trabajo de investigación busca medir cómo los policlínicos concesionados por APP, Guillermo Kaelin y Alberto Barton, permiten generar beneficios a la población atendida a través de la descongestión de otros establecimientos de salud. Para identificar al grupo de establecimientos de salud que se descongestionó a raíz de la política de concesión se ha tomado la distancia de cada establecimiento de salud al policlínico concesionado como variable que mide la exposición heterogénea. Así, se espera que aquellos centros de salud que se encuentran más cerca del establecimiento concesionado se hayan visto beneficiados con la descongestión en comparación con los que se encuentran lejos.

Es importante señalar que se ha considerado que cada establecimiento de salud concesionado solo puede generar beneficios dentro de la red de salud a la cual pertenece. De este modo, los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton solo pueden contribuir al descongestionamiento de los establecimientos de salud de las redes Rebagliati y Sabogal, respectivamente. En este contexto, las atenciones por consulta están restringidas a la red asignada por EsSalud, lo que significa que los asegurados de una red no pueden recibir atención en una red distinta a la asignada.

4. Datos

En este trabajo de investigación se emplea un panel de datos para un total de 25 establecimientos de salud (14 de la red Rebagliati y 11 de la red Sabogal) para los años desde el 2011 hasta el 2017. Considerando que el inicio de operaciones de ambos policlínicos se dio en el año 2014, la data permite identificar el impacto de los referidos policlínicos durante los siguientes 3 años luego del inicio de operaciones. El impacto se mide sobre el número de asegurados, el número de consultas, las ratios consultas/asegurados, asegurados/médicos y consultas/médicos. Estos datos han sido obtenidos de la página web de EsSalud y de diversas solicitudes de acceso a la información pública (SAIP) realizadas. En el cuadro 8 se presentan las estadísticas descriptivas de estas variables.

Con relación a la variable que mide la exposición heterogénea que tienen los establecimientos de salud de cada red, se ha optado por utilizar la distancia de cada establecimiento de salud hacia los nuevos policlínicos. La variable de distancia elegida es el tiempo de viaje en minutos que tarda un automóvil para llegar desde cada establecimiento de salud al nuevo policlínico. Los datos de tiempo de viaje han sido extraídos del Google Maps.

Cabe indicar que dentro del análisis se emplea información para la mayor parte de

los establecimientos de salud de cada red, con excepción del Centro de Atención Primaria (CAP) III Alfredo Piazza Roberts y el CAP III de Retablo en Comas dado que no se tiene información disponible o no se encontraban atendiendo a asegurados de EsSalud durante el período de análisis. Asimismo, se excluye a los hospitales Alberto Sabogal, Edgardo Rebagliati y Luis Negreiros por ser hospitales nacionales que no cuentan con asegurados asignados para atención de consultas, por el contrario, estos hospitales atienden casos más complejos; por tanto, pertenecen a un mercado distinto al de los policlínicos analizados.

Cuadro 8: Estadísticas descriptivas de las variables

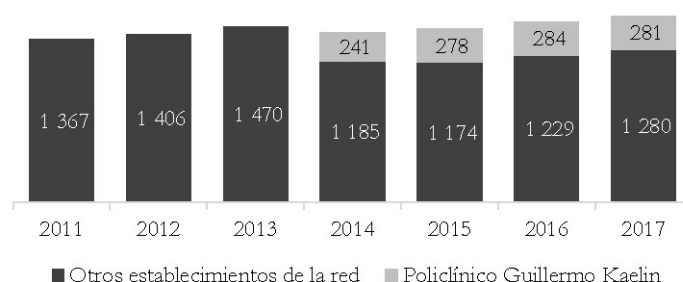
Variables	Obs.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.
Red Rebagliati					
Número de asegurado	98	92 961	62 837	0	260 947
Número de consultas	98	120 520	84 958	0	344 662
Consultas/asegurados	98	1,3	0,9	0	5,7
Consultas/médicos	91	4 255	2 178	1 130	12 236
Número de médicos	95	46	57	0	227
Red Sabogal					
Número de asegurado	77	111 887	55 325	33 038	245 196
Número de consultas	77	136 982	72 168	31 576	326 096
Consultas/asegurados	77	1,3	0,7	0,6	4
Consultas/médicos	77	5 261	2 635	1 818	13 108
Número de médicos	77	39	35	4	122

5. Resultados

En esta sección se presenta los resultados encontrados luego de aplicar la estrategia empírica detallada anteriormente. El objetivo de esta investigación es analizar y cuantificar el impacto que pueden generar las APP en salud en Perú, sobre el descongestionamiento de otros establecimientos de salud, a partir del análisis del papel desempeñado por los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton, cada uno perteneciente al complejo hospitalario concesionado que lleva su mismo nombre. Se espera que, luego del inicio de operaciones de los policlínicos en el 2014, los establecimientos de salud más cercanos a los nuevos policlínicos hayan podido registrar disminuciones en el número de consultas y en la cantidad de personas aseguradas. Ello posibilitaría una mejor calidad de los servicios de salud y posibles reducciones en los tiempos de espera para conseguir una cita y para ser atendidos.

Si bien los complejos hospitalarios concesionados comprenden, además del policlínico, el hospital especializado y la unidad domiciliaria, este trabajo de investigación se centra en medir el efecto, únicamente, de los policlínicos, dada la información disponible; sin embargo, es de esperar que el hospital especializado y la unidad domiciliaria también hayan generado impacto en beneficio de la población asegurada, por ello, se puede afirmar que el impacto total de estas concesiones en salud es mayor a los estimados en este documento.

Para efectos de aplicar el método de diferencias en diferencias se ha considerado la fecha de inicio de operaciones de los policlínicos como la fecha de inicio de tratamiento ya que, solo a partir de este momento, se pueden haber generado efectos sobre la congestión de otros establecimientos de salud. El período de análisis se encuentra comprendido entre los

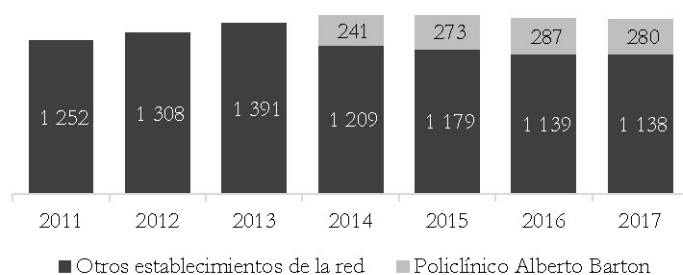


(a) Número de asegurados (en miles)

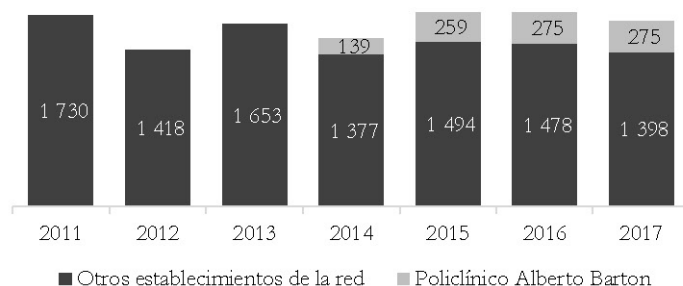


(b) Número de consultas (en miles)

Figura 1: Número de asegurados y consultas en la red Rebagliati



(a) Número de asegurados (en miles)



(b) Número de consultas (en miles)

Figura 2: Número de asegurados y consultas en la red Sabogal

Nota: Las figuras incluyen la cantidad de pacientes y asegurados atendidos en Lima Metropolitana. Además, se ha excluido a los hospitales Alberto Sabogal, Edgardo Rebagliati y Luis Negreiros por ser hospitales nacionales que no cuentan con asegurados asignados para atención de consultas, por el contrario, estos hospitales atienden casos más complejos.

años 2011 y 2017, lo que posibilita contar con 3 años previos y 3 años posteriores al inicio de operaciones de los establecimientos de salud concesionados.

Asimismo, el análisis considera que los nuevos policlínicos solo generan efectos de descongestionamiento en establecimientos de salud que se encuentran dentro de sus respectivas redes. Este supuesto se encuentra basado en el hecho de que los propios asegurados no pueden decidir en qué red hospitalaria atenderse, por el contrario, es EsSalud quien asigna la cantidad de asegurados para cada establecimiento de salud y para cada red, considerando la cercanía del asegurado al establecimiento de salud. Por ello, se espera que los establecimientos de salud cercanos a los nuevos policlínicos se vean beneficiados de manera positiva en el descongestionamiento de asegurados en comparación con los establecimientos de salud más lejanos.

Es importante destacar que, como se muestra en las figuras 1 y 2, el inicio de operaciones de los nuevos policlínicos no ha provocado un aumento en la cantidad de asegurados, ya que esto depende de otros factores. De igual manera, no se ha evidenciado un incremento en el número de consultas. Sin embargo, se observa una disminución en la cantidad de asegurados y pacientes atendidos en los establecimientos de salud ya existentes. En este sentido, se evidencia que los nuevos establecimientos de salud han contribuido al descongestionamiento de cada red de salud y, por tanto, a una posible mejora en los servicios de salud.

Al ser la distancia a los policlínicos una variable determinante para identificar los efectos de las concesiones sobre la congestión de los establecimientos de salud, se ha empleado como medida de distancia, el tiempo de viaje en automóvil que se requiere para trasladarse desde cada establecimiento de salud hasta el nuevo policlínico. Se prefirió emplear como medida de distancia el tiempo de viaje ya que, a diferencia de otras medidas de distancia como los kilómetros recorridos y la distancia euclidiana, esta considera la congestión vehicular de la zona, la cantidad de curvas de las pistas e, incluso, el estado de las autopistas. En suma, ello convierte a esta medida de distancia en una medida más exacta en comparación con otras.

En los cuadros 9 y 10 se presenta los establecimientos de salud más cercanos a los nuevos policlínicos ordenados según el tiempo de viaje. Es preciso indicar que, en el caso de la red Rebagliati, por cada 5 minutos adicionales en el tiempo de viaje se añade, por lo menos, un establecimiento de salud; sin embargo, ello no ocurre en la red Sabogal, en esta red de salud se tiene que, a menos de 25, 30 y 35 minutos de viaje se cuenta con la misma cantidad de establecimientos de salud, recién a partir de los 40 minutos se añaden establecimientos de salud.

Para cuantificar la magnitud y la longitud de la onda expansiva del impacto que ha generado la operación de los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton sobre la descongestión de otros establecimientos de salud, se ha realizado estimaciones considerando distintos grupos de tratamiento y de control según su cercanía a los nuevos policlínicos. En adelante, se realiza un análisis separado para cada nuevo policlínico; sin embargo, se emplea la misma estrategia empírica para ambos casos.

Cuadro 9: Tiempo de viaje en automóvil desde los establecimientos de salud de la red Rebagliati al policlínico Guillermo Kaelin

Tiempo de viaje en automóvil al policlínico Guillermo Kaelin	Establecimientos de salud de la red Rebagliati
Menos de 10 min	- Pol. Villa María
Menos de 15 min	- Pol. Villa María - H. I Uldarico Rocca Fernández
Menos de 20 min	- Pol. Villa María - H. I Uldarico Rocca Fernández - CAP III Los Próceres de San Juan de Miraflores
Menos de 25 min	- Pol. Villa María - H. I Uldarico Rocca Fernández - CAP III Los Próceres de San Juan de Miraflores - Pol. Los Próceres
Menos de 30 min	- Pol. Villa María - H. I Uldarico Rocca Fernández - CAP III Los Próceres de San Juan de Miraflores - Pol. Los Próceres - Pol. Juan José Rodríguez Lazo
Menos de 35 min	- Pol. Villa María - H. I Uldarico Rocca Fernández - CAP III Los Próceres de San Juan de Miraflores - Pol. Los Próceres - Pol. Juan José Rodríguez Lazo - CAP III Barranco
Menos de 40 min	- Pol. Villa María - H. I Uldarico Rocca Fernández - CAP III Los Próceres de San Juan de Miraflores - Pol. Los Próceres - Pol. Juan José Rodríguez Lazo - CAP III Barranco - H. I Carlos Alcántara Butterfield - CAP II Lurín

Nota: Información recopilada el 18 de enero de 2025.

Elaboración: Propia.

Fuente: Google Maps.

Cuadro 10: Tiempo de viaje en automóvil desde los establecimientos de salud de la red Sabogal al policlínico Alberto Barton

Tiempo de viaje en auto al policlínico Alberto Barton	Establecimientos de salud de la red Sabogal
Menos de 10 min	- N. A.
Menos de 15 min	- CAP III Bellavista - CAP III Metropolitano Callao
Menos de 20 min	- CAP III Bellavista - CAP III Metropolitano Callao - H. I Octavio Mongrut Muñoz
Menos de 25 min	- CAP III Bellavista - CAP III Metropolitano Callao - H. I Octavio Mongrut Muñoz - CAP III Luis Negreiros Vega
Menos de 30 min	- CAP III Bellavista - CAP III Metropolitano Callao - H. I Octavio Mongrut Muñoz - CAP III Luis Negreiros Vega
Menos de 35 min	- CAP III Bellavista - CAP III Metropolitano Callao - H. I Octavio Mongrut Muñoz - CAP III Luis Negreiros Vega
Menos de 40 min	- CAP III Bellavista - CAP III Metropolitano Callao - H. I Octavio Mongrut Muñoz - CAP III Luis Negreiros Vega - CAP III Hermana María Donrose - Pol. Fiori

Nota: Información recopilada el 18 de enero de 2025. N. A. indica que no se ha identificado establecimientos de salud en la red Sabogal en ese rango de distancia.

Elaboración: Propia.

Fuente: Google Maps.

5.1. Impacto del policlínico Guillermo Kaelin sobre la congestión de los establecimientos de salud de la red Rebagliati

En los cuadros 11 y 12 se presenta las estimaciones del efecto de descongestionamiento que genera el policlínico Guillermo Kaelin en la red Rebagliati. En el cuadro 11 se presenta los resultados de los efectos sobre los asegurados, las consultas y el ratio consultas por asegurados y, en el cuadro 12, se presenta los resultados de los efectos sobre el ratio asegurados por médicos y el ratio consultas por médicos.

Los resultados del cuadro 11 indican efectos estadísticamente significativos sobre la tasa de crecimiento de asegurados y consultas; sin embargo, no se identifican efectos sobre el ratio consultas por asegurados. Todas las estimaciones cuentan con efectos fijos de tiempo y observaciones, así como una variable de control de número de médicos; asimismo, en todas las estimaciones se incluyeron *cluster* para evitar problemas de sesgo.

En particular, en la columna (1) se observa que, el policlínico Guillermo Kaelin generó una reducción, estadísticamente significativa, del 46,3 % de la cantidad de asegurados de los establecimientos de salud de la red Rebagliati que se encuentran a menos de 15 minutos de distancia del referido policlínico. Dentro de este radio se encuentra el policlínico Villa María que dejó de atender asegurados luego del inicio de operaciones de la concesión del complejo hospitalario. En la columna (2) se muestra que, el policlínico Guillermo Kaelin generó una reducción, estadísticamente significativa, del 42,1 % de la cantidad de asegurados de los establecimientos de salud de la red Rebagliati que se encuentran a menos de 20 minutos de distancia. Asimismo, en la columna (3) se observa que no hay efecto estadísticamente significativo del nuevo policlínico sobre el descongestionamiento a partir de los 25 minutos de distancia.

En la columna (4) se estima que, el policlínico Guillermo Kaelin generó una reducción, estadísticamente significativa, del 54,5 % de la cantidad de consultas en los establecimientos de salud de la red Rebagliati que se encuentran a menos de 15 minutos de distancia del referido policlínico. En la columna (5) se encuentra el impacto estadísticamente significativo de que el policlínico Guillermo Kaelin ayuda a reducir en 48,1 % el número de consultas en los policlínicos de la red a menos de 20 minutos de distancia. Asimismo, en la columna (6) se observa que no hay efecto estadísticamente significativo del nuevo policlínico sobre el descongestionamiento a partir de los 25 minutos de distancia.

Por otro lado, en las columnas (7), (8) y (9) se cuantifica el ratio de consultas por asegurados considerando a los establecimientos de salud que se encuentran a menos de 15, 20 y 25 minutos de distancia del policlínico Guillermo Kaelin. En las estimaciones presentadas en estas columnas se observa que el referido policlínico no ha tenido efecto estadísticamente significativo sobre el ratio. Ello, debido a que los impactos que se generan sobre la cantidad de asegurados y sobre la cantidad de consultas son estadísticamente iguales.

Los resultados de cuadro 12 indican efectos significativos sobre los ratios asegurados por médicos y consultas por médicos. Todas las estimaciones presentadas en este cuadro cuentan con efectos fijos de tiempo y observaciones; asimismo, en todas las estimaciones se incluyeron *cluster* para evitar sesgo en ellas.

En particular, en la columna (1) se observa que, el policlínico Guillermo Kaelin generó una reducción, estadísticamente significativa, del 28,4 % del ratio de asegurados por médicos en los establecimientos de salud de la red Rebagliati que se encuentran a menos de 15 minutos de distancia del referido policlínico. En la columna (2) se muestra que, el policlínico Guillermo Kaelin generó una reducción, estadísticamente significativa, del 22,8 % del ratio de

Cuadro 11: Estimaciones del efecto de descongestionamiento que genera el policlínico Guillermo Kaelin en la red Rebagliati – Parte 1

	Logaritmo de asegurados			Logaritmo de consultas			Logaritmo (consultas/asegurados)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Tratados (15 min distancia al pol. GK)*post	-0,463*** (0,057)			-0,545* (0,255)			0,125 (0,076)		
Tratados (20 min distancia al pol. GK)*post		-0,421*** (0,081)			-0,481*** (0,153)		0,05 (0,106)		
Tratados (25 min distancia al pol. GK)*post			-0,179 (0,213)			-0,161 (0,240)			0,111 (0,103)
Constante	10,511*** (0,092)	10,523*** (0,088)	10,508*** (0,096)	10,759*** (0,188)	10,752*** (0,196)	10,706*** (0,236)	0,346*** (0,119)	0,344*** (0,117)	0,350*** (0,123)
Número de médicos	-0,005 (0,006)	-0,007 (0,006)	-0,005 (0,006)	0,006 (0,009)	0,005 (0,010)	0,009 (0,011)	0,004 (0,005)	0,005 (0,005)	0,005 (0,005)
Efectos fijos de tiempo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos de observaciones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Cluster por observaciones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
R ²	0,949	0,953	0,944	0,948	0,95	0,939	0,814	0,813	0,815
Observaciones	91	91	91	92	92	92	91	91	91

Nota: GK es Guillermo Kaelin, post es una variable *dummy* que toma el valor de 1 para todos los años a partir del inicio de operaciones del nuevo policlínico. Tratados es una variable *dummy* que identifica al grupo de tratados, el cual puede encontrarse a 15, 20 y 25 minutos de distancia del policlínico Guillermo Kaelin.

* $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Cuadro 12: Estimaciones del efecto de descongestionamiento que genera el policlínico Guillermo Kaelin en la red Rebagliati – Parte 2

	Logaritmo (asegurado/médicos)			Logaritmo (consultas/médicos)		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tratados (15 min distancia al pol. GK)*post	-0,284*** (0,080)			-0,168** (0,065)		
Tratados (20 min distancia al pol. GK)*post		-0,228** (0,104)			-0,193** (0,068)	
Tratados (25 min distancia al pol. GK)*post			-0,096 (0,152)			0,005 (0,170)
Constante	7,547*** (0,086)	7,539*** (0,087)	7,547*** (0,085)	7,968*** (0,110)	7,958*** (0,108)	7,977*** (0,095)
Efectos fijos de tiempo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos de observaciones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Cluster por observaciones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
R^2	0,946	0,946	0,945	0,893	0,895	0,891
Observaciones	91	91	91	91	91	91

Nota: GK es Guillermo Kaelin, post es una variable *dummy* que toma el valor de 1 para todos los años a partir del inicio de operaciones del nuevo policlínico. Tratados es una variable *dummy* que identifica al grupo de tratados, el cual puede encontrarse a 15, 20 y 25 minutos de distancia del policlínico Guillermo Kaelin.

* $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

asegurados por médicos en los establecimientos de salud de la red Rebagliati que se encuentran a menos de 20 minutos de distancia. Asimismo, en la columna (3) se observa que no hay efecto estadísticamente significativo del nuevo policlínico sobre el descongestionamiento a partir de los 25 minutos de distancia.

Por lo tanto, se puede afirmar que, luego del inicio de operaciones del policlínico Guillermo Kaelin, los establecimientos de salud de la red Rebagliati ubicados a menos de 20 minutos de distancia del referido policlínico presentan una menor cantidad de asegurados por médico. Esto es un indicativo del impacto que ha tenido el policlínico Guillermo Kaelin en la capacidad de atención de los establecimientos de salud cercanos, permitiendo que cada médico pueda atender a un menor número de asegurados.

En la columna (4) se estima que, el policlínico Guillermo Kaelin generó una reducción, estadísticamente significativa, del 16,8 % en el ratio de consultas por médico en los establecimientos de salud de la red Rebagliati que se encuentran a menos de 15 minutos de distancia del referido policlínico. En la columna (5) se observa que existe impacto estadísticamente significativo de que el policlínico Guillermo Kaelin ayuda a reducir en 19,3 % el ratio de consultas por médico en los policlínicos de la red a menos de 20 minutos de distancia. Asimismo, en la columna (6) se observa que no hay efecto estadísticamente significativo del nuevo policlínico sobre el descongestionamiento a partir de los 25 minutos de distancia.

Por lo tanto, de lo descrito se puede afirmar que, luego del inicio de operaciones del policlínico Guillermo Kaelin, los establecimientos de salud de la red Rebagliati que se encuentran a menos de 20 minutos de viaje del referido policlínico han reducido la cantidad de consultas por cada médico. Esto es un indicativo del impacto que ha tenido el policlínico en la capacidad de atención de los establecimientos de salud cercanos, permitiendo que cada médico atienda a un menor número de pacientes.

En conclusión, el efecto sobre el descongestionamiento que genera el policlínico Guillermo Kaelin en la cantidad de asegurados y consultas de otros establecimientos de la red Rebagliati tiene una onda expansiva de hasta 20 minutos de distancia. Considerando que un vehículo en la ciudad de Lima se moviliza en hora punta, en promedio, a una velocidad de 17 km/hora³ el efecto expansivo de la concesión abarcaría, aproximadamente, hasta 5,6 km alrededor del policlínico Guillermo Kaelin. Por tanto, el efecto de descongestionamiento generado por este policlínico beneficia, principalmente, al policlínico Villa María, al hospital I Uldarico Rocca Fernández y al CAP III Los Próceres de San Juan de Miraflores.

5.2. Impacto del policlínico Alberto Barton sobre la congestión de los establecimientos de salud de la red Sabogal

En los cuadros 13 y 14 se presenta las estimaciones del efecto de descongestionamiento que genera el policlínico Alberto Barton en la red Sabogal. En el cuadro 13 se presenta los resultados de los efectos sobre los asegurados, las consultas y el ratio consultas por asegurados y en el cuadro 14 se presenta los resultados de los efectos sobre el ratio asegurados por médicos y el ratio consultas por médicos.

Los resultados del cuadro 13 indican efectos estadísticamente significativos sobre la tasa de crecimiento de asegurados y consultas; sin embargo, no se identifican efectos sobre el ratio consultas por asegurados. Todas las estimaciones cuentan con efectos fijos de tiempo y observaciones, así como una variable de control de número de médicos; asimismo, en todas

³Información extraída del Índice de tráfico de Tomtom el 20 de enero de 2025, disponible en: <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/>

las estimaciones se incluyeron *cluster* para evitar problemas de sesgo.

En particular, en la columna (1) se observa que, el policlínico Alberto Barton generó una reducción, estadísticamente significativa, del 42,3 % de la cantidad de asegurados de los establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentran a menos de 15 minutos de distancia del referido policlínico. En la columna (2) se muestra que este policlínico generó una reducción, estadísticamente significativa, del 37,4 % de la cantidad de asegurados de los establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentran a menos de 20 minutos de distancia. De la misma manera, en la columna (3) se observa que existe una reducción estadísticamente significativa del 30,6 % del número de asegurados sobre los establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentran a menos de 25 minutos de distancia. Por su parte, en la columna (4) se observa que no hay efecto estadísticamente significativo del nuevo policlínico sobre el descongestionamiento a partir de los 40 minutos de distancia.

En la columna (5) se estima que, el policlínico Alberto Barton generó una reducción, estadísticamente significativa, del 34,4 % de la cantidad de consultas en los establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentran a menos de 15 minutos de distancia del policlínico concesionado. En la columna (6) se evidencia un impacto estadísticamente significativo de este policlínico ya que ayuda a reducir en 34,7 % las consultas en los policlínicos de la red a menos de 20 minutos de distancia. Asimismo, en las columnas (7) y (8) se observa que no hay efecto estadísticamente significativo del policlínico Alberto Barton sobre el descongestionamiento a partir de los 25 minutos de distancia.

Por otro lado, en las columnas (9), (10), (11) y (12) se cuantifica el impacto sobre el ratio de consultas por asegurados considerando a los establecimientos de salud que se encuentran a menos de 15, 20, 25 y 40 minutos de distancia del policlínico Alberto Barton. En las estimaciones presentadas en estas columnas se observa que el nuevo policlínico no ha tenido efecto estadísticamente significativo sobre el ratio. Ello, debido a que los impactos que se generan sobre la cantidad de asegurados y sobre la cantidad de consultas son estadísticamente equivalentes.

Los resultados de cuadro 14 indican efectos significativos sobre los ratios asegurados por médicos y consultas por médicos. Todas las estimaciones presentadas en este cuadro cuentan con efectos fijos de tiempo y observaciones; asimismo, en todas las estimaciones se incluyeron *cluster* para evitar algún tipo de sesgo.

En particular, en la columna (1) se observa que, el policlínico Alberto Barton generó una reducción, estadísticamente significativa, del 23,0 % del ratio de asegurados por médicos en los establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentran a menos de 15 minutos de distancia del referido policlínico. En la columna (2) se muestra que este policlínico generó una reducción, estadísticamente significativa, del 33,3 % del ratio de asegurados por médicos en los establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentran a menos de 20 minutos de distancia. De la misma manera, en la columna (3) se observa que existe una reducción estadísticamente significativa del 28,4 % del ratio de asegurados por médicos sobre los establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentran a menos de 25 minutos de distancia. Por otra parte, en la columna (4) se observa que no hay efecto estadísticamente significativo del policlínico Alberto Barton sobre el descongestionamiento a 40 minutos de distancia.

Cuadro 13: Estimaciones del efecto de descongestionamiento que genera el policlínico Alberto Barton en la red Sabogal – Parte 1

	Logaritmo de asegurados			Logaritmo de consultas				Logaritmo (asegurados/consultas)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Tratados (15 min distancia al pol. AB)*post	-0.423*** (0.090)				-0.344* (0.163)				0.079 (0.179)			
Tratados (20 min distancia al pol. AB)*post		-0.374*** (0.107)				-0.347*** (0.112)			0.026 (0.136)			
Tratados (25 min distancia al pol. AB)*post			-0.306** (0.136)				-0.202 (0.157)			0.104 (0.123)		0.134 (0.108)
Tratados (40 min distancia al pol. AB)*post				-0.259 (0.150)				-0.125 (0.130)				
Constante	11.210*** (0.056)	11.192*** (0.059)	11.187*** (0.065)	11.171*** (0.067)	11.095*** (0.043)	11.074*** (0.039)	11.086*** (0.036)	11.090*** (0.043)	-0.115 (0.065)	-0.118 (0.068)	-0.101 (0.065)	-0.081 (0.057)
Número de médicos	-0.005 (0.003)	-0.002 (0.003)	-0.002 (0.002)	-0.003 (0.002)	0 (0.005)	0.003 (0.004)	0.002 (0.004)	0.002 (0.004)	0.005 (0.004)	0.004 (0.004)	0.005 (0.004)	0.005 (0.004)
Efectos fijos de tiempo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos de observaciones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Cluster por observaciones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
R ²	0.932	0.934	0.928	0.923	0.959	0.964	0.953	0.949	0.910	0.909	0.911	0.913
Observaciones	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77

Nota: AB es Alberto Barton, post es una variable *dummy* que toma el valor de 1 para todos los años a partir del inicio de operaciones del nuevo policlínico. Tratados es una variable *dummy* que identifica al grupo de tratados, el cual puede encontrarse a 15, 20, 25 y 40 minutos de distancia del policlínico Alberto Barton.

a/ Se consideró 40 minutos ya que no se identificó establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentren entre los 25 y 35 minutos de distancia del policlínico concesionado.

* $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$.

Cuadro 14: Estimaciones del efecto de descongestionamiento que genera el policlínico Alberto Barton en la red Sabogal – Parte 2

	Logaritmo (asegurado/médicos)			Logaritmo (consultas/médicos)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Tratados (15 min distancia al pol. AB)*post	-0.230*** (0.098)				-0.242* (0.213)			
Tratados (20 min distancia al pol. AB)*post		-0.333*** (0.090)				-0.305*** (0.143)		
Tratados (25 min distancia al pol. AB)*post			-0.284** (0.116)				-0.181 (0.154)	
Tratados (40 min distancia al pol. AB)*post				-0.247 (0.138)				-0.118 (0.117)
Constante	7.670*** (0.040)	7.649*** (0.039)	6.970*** (0.042)	7.740*** (0.056)	8.037*** (0.055)	8.014*** (0.051)	8.103*** (0.049)	8.260*** (0.083)
Efectos fijos de tiempo	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos de observaciones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Cluster por observaciones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
R^2	0.958	0.961	0.960	0.959	0.902	0.911	0.901	0.897
Observaciones	77	77	77	77	77	77	77	77

Nota: Nota: AB es Alberto Barton, post es una variable *dummy* que toma el valor de 1 para todos los años a partir del inicio de operaciones del nuevo policlínico. Tratados es una variable *dummy* que identifica al grupo de tratados, el cual puede encontrarse a 15, 20, 25 y 40 minutos de distancia del policlínico Alberto Barton.

a/ Se consideró 40 minutos ya que no se identificó establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentren entre los 25 y 35 minutos de distancia del policlínico concesionado.

* $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Por lo tanto, se puede afirmar que, tras el inicio de operaciones del policlínico Alberto Barton, los establecimientos de salud de la red Sabogal ubicados a menos de 25 minutos de distancia de este policlínico presentan una menor cantidad de asegurados por médico. Esto es un indicativo del impacto que ha tenido el policlínico Alberto Barton en la capacidad de atención de los establecimientos de salud cercanos, permitiendo que cada médico pueda atender a un menor número de asegurados.

En la columna (5) se estima que, el policlínico Alberto Barton generó una reducción, estadísticamente significativa, del 24,2 % en el ratio de consultas por médico en los establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentran a menos de 15 minutos de distancia de este policlínico. En la columna (6) se observa que existe impacto estadísticamente significativo de que el policlínico ayuda a reducir en 30,5 % el ratio de consultas por médico en los policlínicos de la red a menos de 20 minutos de distancia. Asimismo, en las columnas (7) y (8) se observa que no hay efecto estadísticamente significativo del policlínico Alberto Barton sobre el descongestionamiento a partir de los 25 minutos de distancia.

Por lo tanto, de lo descrito se puede afirmar que, luego del inicio de operaciones del policlínico Alberto Barton, los establecimientos de salud de la red Sabogal que se encuentran a menos de 20 minutos de viaje de este policlínico han reducido la cantidad de consultas por cada médico. Esto es un indicativo del impacto que ha tenido el policlínico Alberto Barton en la capacidad de atención de los establecimientos de salud cercanos, permitiendo que cada médico atienda a un menor número de pacientes.

En conclusión, el efecto sobre el descongestionamiento que genera el policlínico Alberto Barton respecto a la cantidad de asegurados y consultas de otros establecimientos de la red Rebagliati tiene una onda expansiva de hasta 25 minutos de distancia. Considerando que un vehículo en la ciudad de Lima se moviliza en hora punta, en promedio, a una velocidad de 17 km/hora⁴ el efecto expansivo de la concesión abarcaría, aproximadamente, hasta 7,1 km alrededor del policlínico Barton. Por tanto, el efecto de descongestionamiento generado por este policlínico beneficia, principalmente, al CAP III Bellavista, al CAP III Metropolitano Callao, al hospital I Octavio Mongrut Muñoz y al CAP III Luis Negreiros Vega.

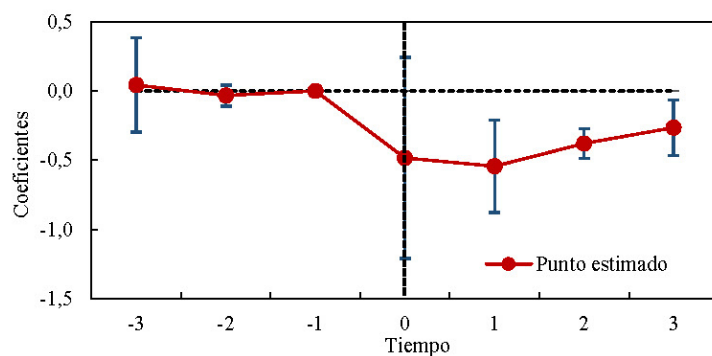
5.3. Estudio de eventos

Para asegurar que los modelos cumplen con el supuesto de tendencias paralelas en las estimaciones presentadas en los cuadros 11, 12, 13 y 14 se realizó un análisis de estudios de eventos para cada policlínico, tal como se muestra en las figuras 3 y 4. En estas figuras se evidencia que en las estimaciones, tanto del policlínico Guillermo Kaelin como del policlínico Alberto Barton, el supuesto de tendencias paralelas se cumple, dado que los coeficientes estimados para los años previos al tratamiento son estadísticamente iguales a cero.

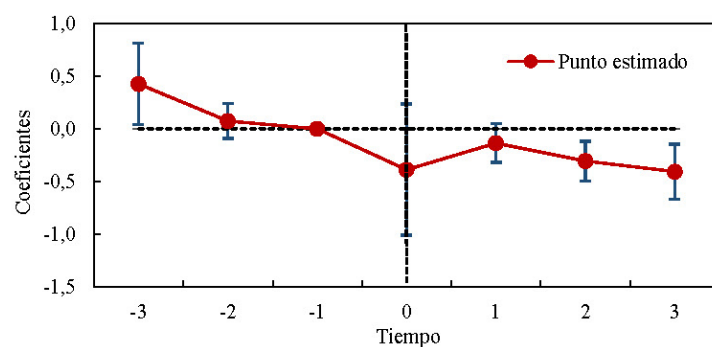
En efecto, en los gráficos (a), (b), (c) y (d) de ambas figuras, se observa que, en la mayor parte de casos, las estimaciones de los coeficientes para los períodos anteriores al evento (para los años -3, -2 y -1) son estadísticamente iguales a cero (considerando un 95 % de nivel de significancia), lo que sugiere que no existen diferencias significativas en las tendencias de las variables analizadas antes del inicio de operaciones de los policlínicos concesionados.

En el caso del policlínico Guillermo Kaelin, la figura 3 muestra impactos más significativos en las variables del número de asegurados y el número de consultas, como se observa en los gráficos 3a y 3b, donde los coeficientes posteriores a la concesión presentan cambios

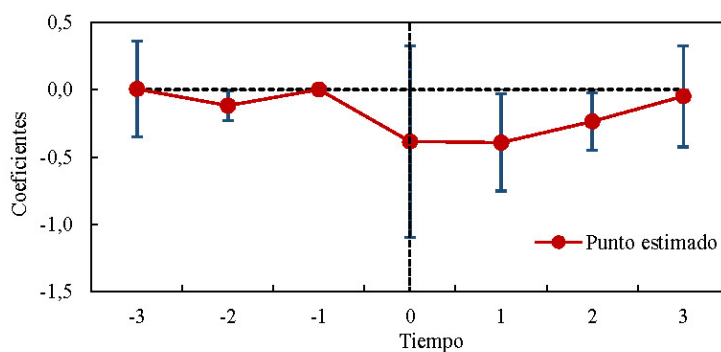
⁴Información extraída del Índice de tráfico de Tomtom el 20 de enero de 2025, disponible en: <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/>



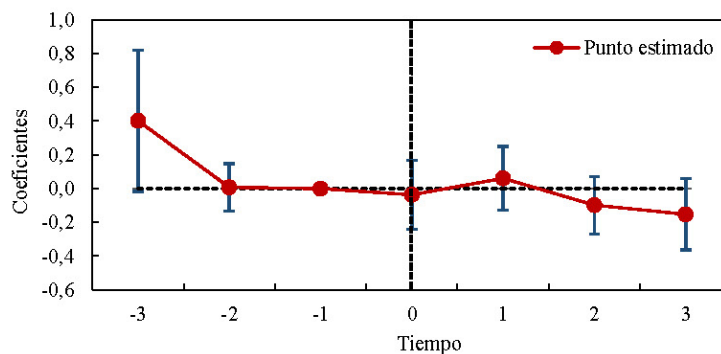
(a) Logaritmo del número de asegurados



(b) Logaritmo del número de consultas



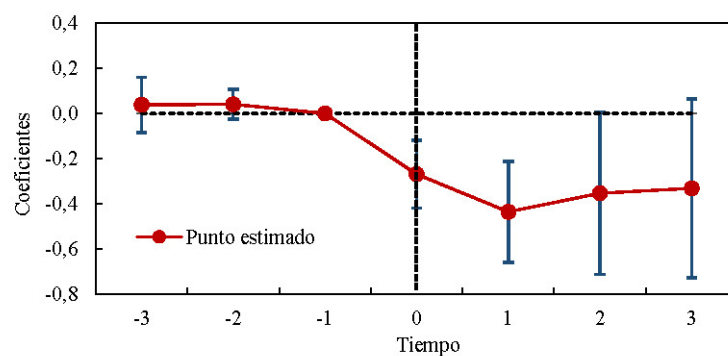
(c) Logaritmo de asegurados/médicos



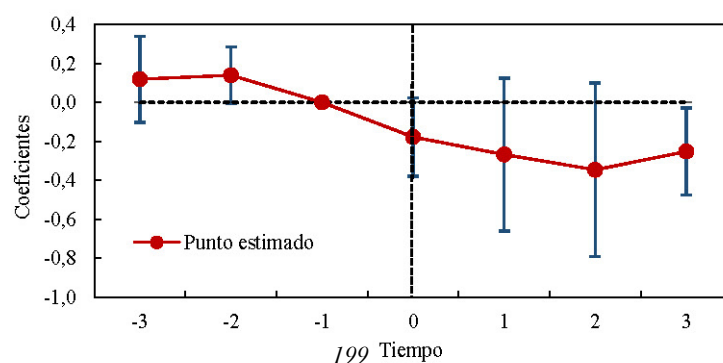
(d) Logaritmo de consultas/médicos

Figura 3: Estudio de eventos para las estimaciones del policlínico Guillermo Kaelin

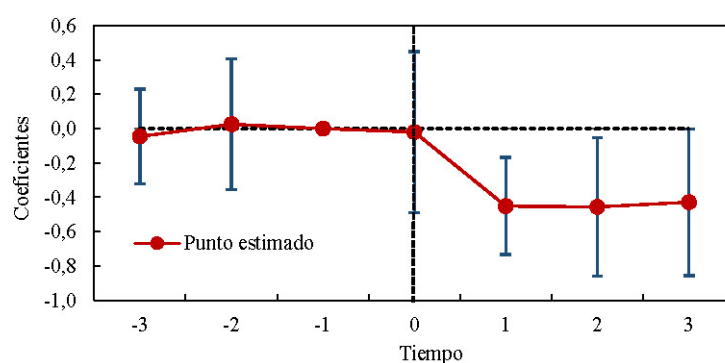
Nota: Intervalos estimados al 95 % de nivel de significancia.



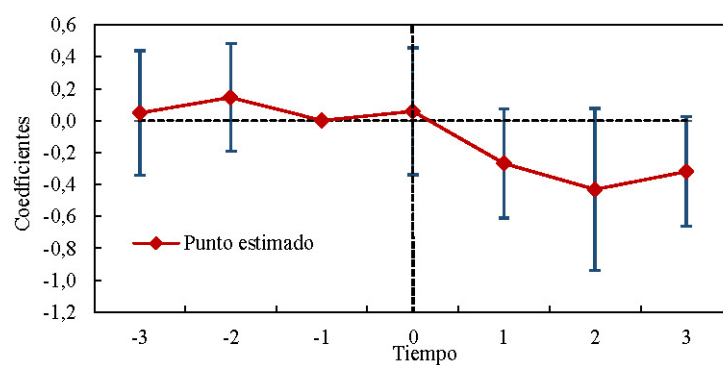
(a) Logaritmo del número de asegurados



(b) Logaritmo del número de consultas



(c) Logaritmo de asegurados/médicos



(d) Logaritmo de consultas/médicos

Figura 4: Estudio de eventos para las estimaciones del policlínico Alberto Barton

Nota: Intervalos estimados al 95 % de nivel de significancia.

estadísticamente significativos. En cambio, los gráficos 3c y 3d, correspondientes a los ratios asegurados/médicos y consultas/médicos, evidencian menor significancia estadística. En particular, en el gráfico 3c, el impacto sería visible solo hasta el segundo período posterior al tratamiento. Por otra parte, en el gráfico 3d, se observa que los coeficientes estimados posteriores al tratamiento son estadísticamente iguales a cero, pero con tendencia a la reducción. Los resultados del gráfico 3d pueden deberse a la falta de potencia estadística debido a la poca cantidad de datos, lo que hace que los intervalos de confianza sean grandes.

Por su lado, en el caso del policlínico Alberto Barton la figura 4a, 4b, 4c y 4d refleja impactos más claros. Si bien los coeficientes posteriores al tratamiento muestran un descenso, lo cual implica un descongestionamiento de los establecimientos de salud cercanos, los intervalos de confianza son amplios, lo que indica una menor precisión en las estimaciones. Esto se debe a que, en comparación con el policlínico Guillermo Kaelin, las estimaciones realizadas para la red Sabogal comprenden un menor número de establecimientos de salud, lo que no permite una identificación precisa del impacto.

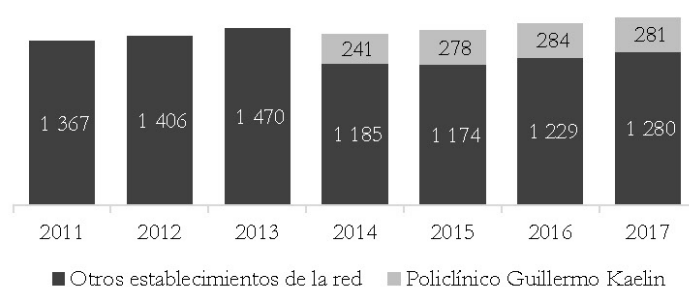
5.4. Análisis de satisfacción de los usuarios de los servicios de salud

Para fortalecer los resultados obtenidos, se analiza el tiempo de espera en los establecimientos de salud de EsSalud en Lima Metropolitana y el resto del país. Se utilizan las variables de tiempos de espera como indicadores de satisfacción de los efectos de la descongestión de estos establecimientos de salud. Los tiempos de espera han sido obtenidos de la Encuesta Nacional de Satisfacción de Usuarios en Salud, elaborada por el INEI, correspondiente a los años 2014, 2015 y 2016. El objetivo de esta encuesta es evaluar y monitorear el funcionamiento y desempeño del sistema de salud en el país.

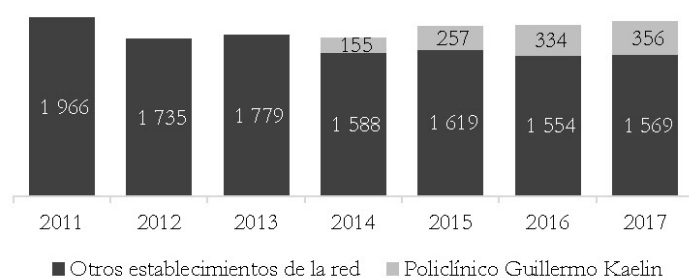
En la figura 5 se presentan dos indicadores clave sobre los tiempos de espera en los establecimientos de salud de EsSalud. La figura 5a muestra la variación porcentual del promedio de días de espera para acceder a una consulta médica en Lima Metropolitana en comparación con el resto del país. Los datos reflejan que los establecimientos de Lima Metropolitana redujeron significativamente los días de espera, alcanzando una disminución de hasta el 47 % en el 2016 con respecto al 2014. Aunque en los establecimientos de EsSalud del resto del país también se observó una reducción del 21 % en el mismo período, esta no fue tan pronunciada como en Lima Metropolitana. Así, los pacientes que acuden a las redes de salud de Lima Metropolitana, como las redes Rebagliati y Sabogal, experimentan menores tiempos de espera para acceder a una consulta médica externa en los años posteriores al inicio de la prestación de servicio de los policlínicos concesionados.

De manera similar, en la figura 5b se presenta la variación porcentual del promedio de minutos que un paciente debe esperar desde su llegada al establecimiento de salud hasta ser atendido por un médico. Se observa que en los establecimientos de Lima Metropolitana hubo incrementos en los tiempos de espera del 37 % en 2015 y del 30 % en el 2016 en comparación con el 2014. Sin embargo, estos incrementos fueron menores en comparación con los registrados en los establecimientos de salud del resto del país.

En general, las figuras 5a y 5b evidencian una reducción en los tiempos de espera en los establecimientos de salud de EsSalud de Lima Metropolitana en comparación con los del resto del país, lo cual podría deberse a los efectos del inicio de operaciones de los complejos hospitalarios concesionados, sobre la congestión de los otros establecimientos de salud de las redes Sabogal y Rebagliati. Estos resultados sugieren mejoras en el bienestar de los pacientes como consecuencia de la descongestión de los establecimientos de salud.

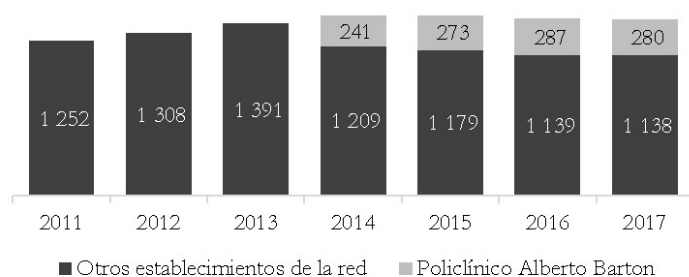


(a) Número de asegurados (en miles)

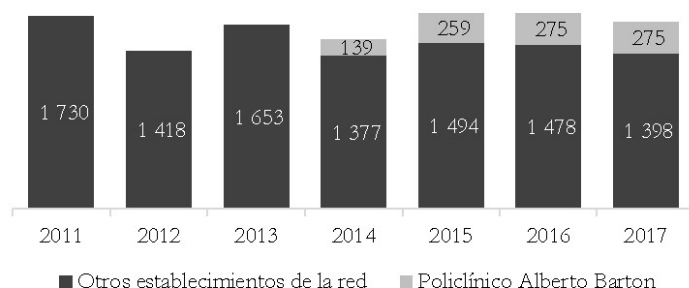


(b) Número de consultas (en miles)

Figura 1: Número de asegurados y consultas en la red Rebagliati



(a) Número de asegurados (en miles)



(b) Número de consultas (en miles)

Figura 2: Número de asegurados y consultas en la red Sabogal

Nota: Las figuras incluyen la cantidad de pacientes y asegurados atendidos en Lima Metropolitana. Además, se ha excluido a los hospitales Alberto Sabogal, Edgardo Rebagliati y Luis Negreiros por ser hospitales nacionales que no cuentan con asegurados asignados para atención de consultas, por el contrario, estos hospitales atienden casos más complejos.

una reducción del 19,3 % a menos de 20 minutos.

Estos resultados sugieren que el policlínico Guillermo Kaelin ha permitido redistribuir la carga laboral de los médicos en la red Rebagliati, especialmente en las áreas más cercanas, lo que ha mejorado la capacidad de atención en los establecimientos de salud circundantes. La influencia de este policlínico se extiende hasta un radio de aproximadamente 5,6 km, beneficiando particularmente a otros establecimientos de salud como el policlínico Villa María, el hospital I Uldarico Rocca Fernández y el CAP III Los Próceres de San Juan de Miraflores.

Por su parte, el estudio de eventos mostró que los impactos más notables se observan en el número de asegurados asignados y consultas realizadas, con cambios estadísticamente significativos tras el inicio de operaciones. Sin embargo, los ratios asegurados/médicos y consultas/médicos muestran menor significancia estadística. Específicamente, el impacto en el ratio asegurados/médicos solo es visible desde el segundo período posterior al tratamiento.

En cuanto al policlínico Alberto Barton, también ha tenido un impacto relevante en la descongestión de asegurados de la red Sabogal. Los datos revelan una disminución significativa del 30,6 % en aquellos establecimientos de la red situados a menos de 25 minutos, sin que se evidencie un efecto significativo en los ubicados a partir de los 40 minutos de distancia.

En cuanto a la descongestión de las consultas realizadas, el policlínico Alberto Barton ha propiciado una reducción del 34,7 % en el número de consultas en los establecimientos a menos de 20 minutos. No se encontraron cambios significativos en las zonas ubicadas a partir de 25 minutos. El ratio de asegurados por médico también mostró disminuciones importantes, mostrando una reducción del 28,4 % en los policlínicos a menos de 25 minutos. El ratio de consultas por médico también se redujo en un 30,5 % a menos de 20 minutos.

En síntesis, los resultados reflejan que el policlínico Alberto Barton ha sido eficaz en mejorar la capacidad de atención en los establecimientos de salud de la red Sabogal, promoviendo, especialmente en las zonas cercanas, una redistribución más equitativa de la carga de trabajo de los médicos. La influencia de este policlínico abarca un radio de aproximadamente 7,1 km, beneficiando a establecimientos como el CAP III Bellavista, el CAP III Metropolitano Callao, el hospital I Octavio Mongrut Muñoz y el CAP III Luis Negreiros Vega.

Al realizar el estudio de eventos, se encontró que los impactos más significativos se observan en el número de asegurados y consultas. Es importante destacar que este estudio de eventos presenta intervalos de confianza más amplios en los puntos estimados en comparación con el estudio de eventos realizado para el policlínico Guillermo Kaelin, lo cual se debe a la menor cantidad de establecimientos de salud considerados en la red Sabogal.

Esta investigación constituye una contribución significativa a la literatura empírica, ya que permite cuantificar, mediante el método de diferencias en diferencias, el impacto de los policlínicos Guillermo Kaelin y Alberto Barton como parte de los complejos hospitalarios del mismo nombre concesionados mediante el mecanismo de APP, sobre el descongestionamiento de los servicios de salud pública en otros establecimientos de salud existentes. Además, es el primer estudio en Perú que emplea un enfoque de inferencia causal para evaluar los efectos de las asociaciones público-privadas en el sector Salud. Asimismo, se discute cómo es que, a raíz del descongestionamiento generado por las APP en salud, se pueden generar mejoras en la satisfacción de los asegurados de EsSalud.

Los hallazgos de este estudio abren la posibilidad de continuar investigando en el sector Salud. Por ejemplo, se podría analizar qué tan beneficioso resulta el uso de una APP en este ámbito, en comparación con una obra pública tradicional o con otros mecanismos, como el modelo de Gobierno a Gobierno. Asimismo, resultaría útil contar con información sobre los beneficiarios directos del proyecto, principalmente asociados a la percepción de la calidad de

los servicios; por ello, se recomienda a las autoridades competentes recolectar información estadística, desde la etapa de diseño del proyecto, que pueda servir como línea de base para evaluar el impacto en el nivel de satisfacción de los usuarios al emplear la APP de salud.

Los resultados de la presente investigación han evidenciado un impacto positivo tras la implementación de las concesiones, lo que ha contribuido significativamente al descongestionamiento de los demás establecimientos de salud pertenecientes a las redes Sabogal y Rebagliati. Estas concesiones demostraron ser efectivas al aliviar la presión sobre EsSalud mediante el descongestionamiento de los establecimientos de salud existentes, lo que, en consecuencia, mejoró el acceso, la eficiencia y la calidad de los servicios para los asegurados. Por lo tanto, a fin de continuar cerrando las brechas de cobertura y calidad en Salud, es recomendable que el Estado, a través de ProInversión, continúe impulsando proyectos con participación de la inversión privada mediante concesiones en el marco de las APP, ya que, al combinar las fortalezas de los sectores público y privado, permiten aumentar la eficiencia de los servicios de salud.

Referencias

- Arkhangelsky, D., y Imbens, G. (2024). Causal models for longitudinal and panel data: A survey. *The Econometrics Journal*, 27(3), C1–C61.
- Babiarz, K. S., Miller, G., Yi, H., Zhang, L., y Rozelle, S. (2010). New evidence on the impact of china's new rural cooperative medical scheme and its implications for rural primary healthcare: multivariate difference-in-difference analysis. *British Medical Journal*, 341.
- Backman, C., Vanderloo, S., y Forster, A. J. (2016). Measuring and improving quality in university hospitals in Canada: The collaborative for excellence in healthcare quality. *Health Policy*, 120(9), 982–986.
- Barlow, J., Roehrich, J., y Wright, S. (2013). Europe sees mixed results from public-private partnerships for building and managing health care facilities and services. *Health Affairs*, 32(1), 146–154.
- Besstremyannaya, G. (2013). The impact of Japanese hospital financing reform on hospital efficiency: a difference-in-difference approach. *The Japanese Economic Review*, 64, 337–362.
- Binyaruka, P., Patouillard, E., Powell-Jackson, T., Greco, G., Maestad, O., y Borghi, J. (2015). Effect of paying for performance on utilisation, quality, and user costs of health services in Tanzania: A controlled before and after study. *PloS One*, 10(8), e0135013.
- Blecher, M., Kollipara, A., Zulu, N., y DeJager, P. (2011). Health financing. *South African health review*, 2011(1), 29–48.
- Cookson, R., Mondor, L., Asaria, M., Kringos, D. S., Klazinga, N. S., y Wodchis, W. P. (2017). Primary care and health inequality: Difference-in-difference study comparing England and Ontario. *PLoS One*, 12(11), e0188560.
- Courtemanche, C., Marton, J., Ukert, B., Yelowitz, A., y Zapata, D. (2017). Early impacts of the Affordable Care Act on health insurance coverage in Medicaid expansion and non-expansion states. *Journal of Policy Analysis and Management*, 36(1), 178–210.
- Dimitrovová, K., Perelman, J., y Serrano-Alarcón, M. (2020). Effect of a national primary care reform on avoidable hospital admissions (2000–2015): a difference-in-difference analysis. *Social Science & Medicine*, 252, 112908.
- Eslava, W. R. R., y Sáenz, R. A. C. (2022). Efectos del seguro de salud en las decisiones de gasto e inversión de las familias rurales en el Perú. *Revista de Análisis y Difusión de Perspectivas Educativas y Empresariales*, 2(3), 9–19.
- Gabani, J., Mazumdar, S., y Suhrcke, M. (2023). The effect of health financing systems on health system outcomes: A cross-country panel analysis. *Health Economics*, 32(3), 574–619.
- Gravelle, H., Santos, R., y Siciliani, L. (2014). Does a hospital's quality depend on the quality of other hospitals? A spatial econometrics approach. *Regional science and urban economics*, 49, 203–216.
- Hou, X., y Zhang, J. (2017). The effects of public health insurance expansion on private health insurance in urban China. *International journal of health economics and management*, 17, 359–375.
- INEI. (2014). Usuarios esperan más de una hora para ser atendidos en un establecimiento de salud.
- Isreal Akingba, I. O., Kaliappan, S. R., y Hamzah, H. Z. (2018). Impact of health capital on economic growth in Singapore: an ARDL approach to cointegration. *International Journal of Social Economics*, 45(2), 340–356.
- Jakovljevic, M., Sugahara, T., Timofeyev, Y., y Rancic, N. (2020). Predictors of (in) efficiencies of healthcare expenditure among the leading asian economies—comparison of OECD and non-OECD nations. *Risk management and healthcare policy*, 2261–2280.

- Mitchell, M. (2008). An overview of public private partnerships in health. *International Health Systems Program Publication, Harvard School of Public Health*, 11, 1–28.
- Mohanani, M., Bauhoff, S., La Forgia, G., Babiarz, K. S., Singh, K., y Miller, G. (2013). Effect of Chiranjeevi Yojana on institutional deliveries and neonatal and maternal outcomes in Gujarat, India: A difference-in-differences analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 92, 187–194.
- Moro Visconti, R., y Morea, D. (2020). Healthcare digitalization and pay-for-performance incentives in smart hospital project financing. *International journal of environmental research and public health*, 17(7), 2318.
- Orellana, S. R. B. (2013). Asociaciones público privadas en el sector salud. *Revista de Derecho Administrativo*(13), 123–141.
- Romero, M. J., y Gideon, J. (2020). Una revision de las APP en salud en América Latina.
- Sandí, G. F. (2006). La salud como factor de crecimiento económico. *Posgrado y Sociedad*, 6(1), 1–32.
- Suhrcke, M., y de Paz Nieves, C. (2011). The impact of health and health behaviours on educational outcomes in high-income countries: a review of the evidence.
- Tu, C., Zang, C., Tan, Y., Zhou, Y., y Yu, C. (2022). Can information infrastructure development improve the health care environment? Evidence from China. *Frontiers in Public Health*, 10, 987391.
- Wang, F. (2015). More health expenditure, better economic performance? Empirical evidence from OECD countries. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, 52, 0046958015602666.
- Wang, T., Wang, Y., y McLeod, A. (2018). Do health information technology investments impact hospital financial performance and productivity? *International Journal of Accounting Information Systems*, 28, 1–13.
- Yu, S., Sohn, H., Kim, H.-Y., Kim, H., Oh, K.-H., Kim, H.-J., ... Choi, H. (2021). Evaluating the impact of the nationwide public–private mix (PPM) program for tuberculosis under national health insurance in South Korea: A difference in differences analysis. *PLoS medicine*, 18(7), e1003717.
- Zevallos, L., Salas, V., y Robles, L. (2014). Asociaciones público-privadas para servicio de salud: ¿la solución al sistema de salud peruano? *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 31, 769–774.
- Zolfaghari, M., Kabiri, M., y Saadatmanesh, H. (2020). Impact of socio-economic infrastructure investments on income inequality in Irán. *Journal of Policy Modeling*, 42(5), 1146–1168.

APP sobre rieles: Ahorro de tiempo de viaje con la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo cuantificar la reducción en los tiempos de viaje que ofrece la Línea 1 del Metro de Lima y Callao frente a otros medios de transporte, como el bus y el taxi. Para ello, se utilizaron datos de tiempos de viaje obtenidos mediante técnicas automatizadas de web scraping a partir de Google Maps. Los resultados muestran que, en las rutas de mayor demanda, la Línea 1 permite un ahorro promedio de 29,0 minutos frente al bus durante las mañanas (6:00 a 11:00 horas) y de 21,5 minutos en las tardes (16:00 a 20:00 horas). Respecto al taxi, el ahorro es de 3,7 minutos en la mañana, mientras que en la tarde el taxi resulta, en la mayoría de rutas, más rápido. Este comportamiento se debe, principalmente, a los mayores tiempos de espera en cola reportados por los usuarios de la Línea 1 en horas punta de la noche. A partir de ello, se calcula el valor social del tiempo para cuantificar el ahorro económico de emplear la Línea 1, encontrando que, por cada millón de viajes este ahorro oscila entre S/ 2,90 millones y S/ 21,49 millones en la mañana y entre S/ 2,15 millones y S/ 15,91 millones en la tarde. Entre las rutas de mayor impacto económico destaca la que va desde la estación Villa El Salvador hasta la estación Gamarra, con un ahorro de hasta S/ 31,1 por viaje en la mañana, y la que va desde la estación Miguel Grau hasta la estación Villa El Salvador, con un ahorro de hasta S/ 28,6 por viaje en la tarde. Finalmente, se discuten otros beneficios de la Línea 1, además de las dificultades que enfrenta, como los elevados tiempos de espera en rutas de alta frecuencia, que en ocasiones igualan o superan el tiempo efectivo de viaje.

Palabras clave: Asociaciones Público-Privadas, web scraping, tiempos de viaje, valor social del tiempo, tiempo de espera en cola.

Los autores del presente trabajo de investigación son: Alex Flores Quispe y Daniel Mallma Ugaz. Este documento fue previamente publicado por Proinversión con los aportes derivados del proceso de revisión por pares, en el marco de la Red de Evaluación y Buenas Prácticas en APP (Red APP) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), y está disponible en: https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/1/JER/DT_APP_SOBRE_RIELES/DT6-APP-sobre-rieles.pdf

* Los editores agradecen a Leonel Borja por sus valiosos comentarios y sugerencias.

1. Introducción

Los proyectos de infraestructura de transporte son fundamentales para el desarrollo económico de una región, ya que facilitan la movilidad de personas y bienes. Existe amplia evidencia de que este tipo de infraestructuras tiene una relación positiva con el volumen de comercio ([Bougheas, Demetriades, y Morgenroth, 1999](#)). Además, permiten mejorar la conectividad al reducir los tiempos de desplazamiento, lo que puede favorecer también las actividades turísticas. En esa línea, [Khadaroo y Seetanah \(2007\)](#) demuestran empíricamente que el flujo de turistas es sensible a las mejoras en la infraestructura de transporte.

Asimismo, se reconoce que estas inversiones pueden favorecer tanto el empleo como la competitividad de las economías locales y regionales, contribuyendo a su desarrollo. [Haider y Miller \(2000\)](#) señalan que la proximidad a infraestructuras de transporte impacta en los valores inmobiliarios residenciales. En conjunto, estos proyectos no solo responden a necesidades de movilidad, sino que también funcionan como impulsores del crecimiento económico en los territorios donde se implementan.

En particular, las líneas de metro destacan como soluciones efectivas para mejorar el transporte urbano en grandes ciudades. Estas infraestructuras optimizan la movilidad en áreas densamente pobladas y actúan como agentes transformadores en términos económicos, sociales y ambientales ([Lin, Broere, y Cui, 2022](#)). Su capacidad para movilizar grandes cantidades de pasajeros de manera rápida y sin interrupciones, evitando la congestión vehicular, permite reducir la saturación de las calles, mejorar la productividad y elevar el bienestar ciudadano ([Shi, Yang, Yang, y Gao, 2018](#)).

En Lima Metropolitana, el proyecto Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (Línea 1) representa la primera y principal infraestructura ferroviaria urbana en operación. Con una extensión de 34,6 kilómetros y 26 estaciones, conecta diversos distritos y ha transformado los patrones de movilidad de miles de ciudadanos que se desplazan hacia centros de trabajo, instituciones educativas, establecimientos de salud y otros destinos. Sin embargo, su funcionamiento aún enfrenta retos operativos, como los elevados tiempos de espera en horas punta, que afectan la calidad del servicio.

Este estudio tiene como objetivo cuantificar la reducción en los tiempos de viaje que ofrece la Línea 1 frente a otras alternativas de transporte urbano, como el bus y el taxi. Para ello, se utilizaron datos obtenidos mediante técnicas automatizadas de *web scraping* desde Google Maps. Los resultados muestran que, en las rutas de mayor demanda, la Línea 1 permite un ahorro promedio de 29,0 minutos frente al bus en las mañanas (6:00 a 11:00 horas) y de 21,5 minutos en las tardes (16:00 a 20:00 horas). Respecto al taxi, el ahorro es de 3,7 minutos en la mañana, mientras que en la tarde el taxi resulta, en la mayoría de rutas, más rápido.

Este comportamiento diferenciado en horas de la tarde se explica, principalmente, por los mayores tiempos de espera en cola reportados por los usuarios de la Línea 1 en horas punta. A partir de los ahorros de tiempos calculados, se estima el valor social del tiempo para monetizar el ahorro económico de emplear la Línea 1. Los resultados indican que, por cada millón de viajes, el ahorro económico varía entre S/ 2,90 millones y S/ 21,49 millones en la mañana y entre S/ 2,15 millones y S/ 15,91 millones en la tarde. Entre las rutas de mayor impacto económico destaca la que va desde la estación Villa El Salvador hasta Gamarra, con un ahorro de hasta S/ 31,1 por viaje en la mañana, y la que conecta Miguel Grau con Villa El Salvador, con un ahorro de hasta S/ 28,6 por viaje en la tarde.

Asimismo en este trabajo de investigación también se discuten otros beneficios asociados

al uso del metro, así como las limitaciones que aún enfrenta esta infraestructura de transporte, especialmente en rutas de alta frecuencia donde los tiempos de espera pueden igualar o incluso superar el tiempo efectivo de viaje.

El presente trabajo de investigación se organiza en siete secciones diferentes. En esta primera sección se proporciona una introducción a la investigación. La segunda presenta los principales antecedentes del proyecto. La tercera revisa la literatura relevante, tanto nacional como internacional. En la cuarta sección se expone la estrategia empírica empleada para cuantificar el impacto. La quinta se centra en los datos utilizados. La sexta muestra los principales resultados y, finalmente, la séptima sección recoge las conclusiones y recomendaciones finales.

2. Antecedentes del proyecto

Las Asociaciones Público-Privadas (APP) es una modalidad de participación privada en proyectos de uso público que ha ganado relevancia para muchas economías del mundo ya que a través de este mecanismo se distribuyen riesgos entre el público y privado y se destinan recursos, principalmente del sector privado, para ejecutar las obras manteniendo cierto nivel de estándares de calidad.

En proyectos de líneas de metro, la modalidad APP ha sido especialmente útil por la complejidad técnica y los altos costos que implican su construcción, operación y mantenimiento. Por ello, es importante que las empresas concesionarias tengan experiencia en el sector y puedan implementar tecnología adecuada. En Perú, las APP han sido esenciales para el desarrollo ferroviario, con cinco concesiones vigentes y varios proyectos que podrían incorporarse a la cartera de PROINVERSIÓN para su adjudicación.

Dentro de los proyectos adjudicados se tiene al ferrocarril del sur y sur-oriente, ferrocarril del centro y ferrocarril Huancayo-Huancavelica concesionados a las empresas Ferrocarril Trasandino S. A., Ferrovías Central Andina S. A. y Concesionaria Ferroviaria del Perú S.A., respectivamente. Asimismo, la capital del Perú cuenta con dos proyectos adjudicados para la expansión de las líneas de metro. La empresa concesionaria Tren Urbano de Lima S. A. es la responsable de la Línea 1, mientras que la empresa concesionaria Metro de Lima Línea 2 S. A. es la responsable del proyecto Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao.

La Línea 1 es la primera línea de metro que se estableció en el Perú y se encuentra ubicada en Lima Metropolitana. Esta infraestructura de transporte fue adjudicada el 11 de abril de 2011. La concesión se otorgó luego de que la empresa concesionaria ofreciera un menor precio por kilómetro tren garantizado (PKT) y precio por kilómetro tren adicional (PKTA). La empresa concesionaria fue constituida el 19 de abril de 2011 y hacia diciembre de 2023 la composición accionaria del consorcio era la siguiente: Aenza S. A. A. posee el 75 % y Ferrovías Participaciones S. A. C. posee el 25 % restante.

Esta infraestructura se encuentra dividida en dos tramos, el primero conecta la estación Villa El Salvador, ubicada en el distrito del mismo nombre, con la estación Grau en el Cercado de Lima, mientras que el segundo se extiende desde la estación Grau hasta la estación Bayóvar, situada en el distrito de San Juan de Lurigancho. En total, la concesión incluye 26 estaciones (ver figura 1), un patio taller y una flota de 44 trenes, cada uno compuesto por 6 vagones. Asimismo, se prevé la construcción de una estación adicional, la estación 28 de julio, que servirá como punto de interconexión o transbordo con la Línea 2 del Metro de Lima y Callao.

Figura 1: Distribución geográfica de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao



Fuente: Página web de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

El plazo de la concesión es de 30 años, contados a partir del inicio de operaciones el 9 de enero de 2012, por lo que tendría una vigencia hasta enero de 2042. Los compromisos de inversión asumidos al momento de la firma del contrato ascendieron a USD 225 millones para el diseño, estudios previos, ejecución de obras civiles y equipamiento del taller de mantenimiento mayor, además de la adquisición de 19 trenes nuevos. En julio de 2016, con la firma de la adenda N.º 4 al contrato, el concesionario asumió un compromiso adicional de inversión por aproximadamente USD 470 millones, los cuales se encuentran orientados a realizar obras complementarias (Ositrán, 2023).

3. Revisión de literatura

3.1. Literatura internacional

A nivel internacional, existen diversos estudios que se centran en analizar la relación de la infraestructura ferroviaria y la prestación de servicios de transporte de pasajeros sobre variables que capturan medidas de bienestar. En su mayoría, los estudios revisados se han

enfocado en los efectos de estas infraestructuras sobre el tiempo de viaje, indicadores de demanda, accesibilidad, entre otros. No obstante, también se incluyen investigaciones que abordan los beneficios en términos más generales. Los estudios identificados se presentan en los cuadros del anexo A.1 donde se incluyen el objetivo del estudio, la unidad de análisis, la estructura de datos, las variables dependientes y explicativas, la metodología utilizada y los resultados más relevantes obtenidos de cada documento revisado.

Se ha identificado un conjunto de estudios que buscan evaluar los determinantes de la elección del modo de transporte de los usuarios, centrándose particularmente en la distancia o tiempo de viaje como variables explicativas. Estos estudios son los desarrollados por Golias (2002), Baum-Snow, Kahn, y Voith (2005), Brons y Rietveld (2008), Thrane (2015), Ma, Yu, y Liu (2020) y Zhao, Yan, Yu, y Van Hentenryck (2020). Por su parte, Golias (2002), emplean un modelo logit anidado (MLA) para investigar la demanda de transporte. Este autor encuentra que la demanda del automóvil es inelástica respecto al costo y tiempo de viaje. Sin embargo, para los usuarios del transporte público en Atenas, los cambios en el costo tienen un impacto mayor que las variaciones en el tiempo de viaje.

Por otro lado, Baum-Snow *et al.* (2005) evalúan cómo las expansiones ferroviarias urbanas inciden en el uso del transporte público, enfocándose en cómo dichas expansiones alteran las elecciones de modo de transporte y los tiempos de viaje. Mediante un enfoque de diferencias en diferencias (DID), los autores concluyen que las inversiones en infraestructura ferroviaria no resultan en un aumento significativo del uso del transporte público. En esa línea, Brons y Rietveld (2008) exploran cómo la inconsistencia en los tiempos de viaje afecta la decisión de los pasajeros. Su análisis, que combina un modelo logit binario (MLB) y un MLA, sugiere que mejorar la fiabilidad del tiempo de viaje en un 10 % podría fomentar el uso del tren.

Thrane (2015) analiza las decisiones de turistas noruegos al elegir entre transporte público, automóvil privado y transporte aéreo, para ello emplean un modelo de regresión logit multinomial (MNL). Estos autores observan una clara preferencia por el transporte aéreo para viajes superiores a 400 km. Más recientemente, Ma *et al.* (2020) investigan la influencia de las características socioeconómicas, del hogar y del viaje en las decisiones de transporte. Su estudio, donde emplean un MLA, resalta que el tiempo de viaje es un factor determinante en la elección del modo de transporte. Zhao *et al.* (2020) comparan modelos logit mixtos (MLM) y de aprendizaje automático para predecir la elección del transporte, encontrando que un aumento del 10 % en el tiempo de viaje disminuye la probabilidad de elegir transporte público en un 4.2 % y el automóvil privado en un 3.6 %.

Por otro lado, se ha indentificado otro conjunto de estudios que se enfocan en analizar cómo las inversiones en infraestructura ferroviaria se relacionan con el crecimiento económico, la desigualdad regional y el fomento del comercio. Estos estudios son los desarrollados por Chen y Haynes (2017), Donaldson (2018) y Li, Strauss, Shunxiang, y Lui (2018). En primer lugar, Chen y Haynes (2017) abordan la influencia de los trenes de alta velocidad en la disparidad económica regional en China. Ellos emplean un enfoque de panel con efectos fijos (EF) y efectos aleatorios (EA), que les permite destacar que el sistema de trenes de alta velocidad (HSR) en China ha contribuido a reducir las brechas económicas regionales.

Por otro lado, Donaldson (2018) utiliza datos históricos de la India colonial para ilustrar cómo las redes ferroviarias pueden ser un motor de transformación económica y social. A través de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), este estudio analiza el impacto histórico de las redes ferroviarias, mostrando como disminuyen los costos comerciales e incrementan los niveles de ingreso real.

Finalmente, [Li et al. \(2018\)](#) emplean el método de causalidad de Granger para evidenciar que los aumentos en la accesibilidad, presumiblemente derivados de mejoras en la infraestructura de transporte, están correlacionados con un crecimiento económico significativo, reforzando la idea de que la inversión en infraestructura de transporte puede ser un impulsor para el desarrollo económico.

Por otro lado, se ha identificado un conjunto de estudios que analizan cómo varían los tiempos de viaje y el impacto que tienen estos medios de transporte en los costos y el bienestar de los usuarios. Este enfoque guarda una mayor relación con los objetivos del presente documento de investigación. Entre dichos estudios se encuentran los realizados por [Fu y Gu \(2018\)](#), [Parbo, Nielsen, y Prato \(2018\)](#), [Gao et al. \(2019\)](#), [Heuermann y Schmieder \(2019\)](#), [Pineda y Lira \(2019\)](#), [Singh, Graham, y Anderson \(2020\)](#) y [Šperka, Dedík, y Hrudkay \(2021\)](#).

Para empezar, [Fu y Gu \(2018\)](#) adoptan un enfoque descriptivo basado en análisis estadísticos e identifican que la apertura de una nueva línea de metro impactó directamente el flujo de pasajeros y, crucialmente, la confiabilidad del tiempo de viaje. Por su parte, [Parbo et al. \(2018\)](#) abordan un problema de optimización de dos niveles para resolver el dilema del «salto de parada». Su modelo busca un equilibrio entre el tiempo de espera y los tiempos de viaje, calculando una reducción del 5.5 % en el tiempo de viaje de los pasajeros del tren.

De manera similar, [Gao et al. \(2019\)](#) aplican el método de diferencias en diferencias (DID) encontrando que las mejoras ferroviarias permiten un mayor acceso a centros laborales. [Heuermann y Schmieder \(2019\)](#) emplean variables instrumentales (VI) y estiman que una reducción del 1 % en el tiempo de viaje incrementa el número de viajeros entre regiones en un 0.25 %. En el ámbito de la experiencia del usuario, [Pineda y Lira \(2019\)](#) combinan un análisis costo-beneficio con el análisis factorial confirmatorio (CFA). Estos autores concluyen que los usuarios de la Línea 6 del metro en Santiago experimentaron una reducción del 14 % en tiempos de viaje. [Singh et al. \(2020\)](#) cuantifican las variaciones en los tiempos de viaje de los usuarios del metro de Londres. Ellos emplean con un modelo de panel con efectos fijos (EF), indicando que las características operativas y de demanda explican el 96 % de la variación observada en los tiempos de viaje.

Finalmente, [Šperka et al. \(2021\)](#), al igual que [Fu y Gu \(2018\)](#), utilizan un análisis estadísticos y descriptivos, concluyendo que la reducción de los tiempos de viaje disminuye las pérdidas financieras. Este estudio resalta el valor monetario del tiempo de viaje, enfatizando los beneficios económicos derivados de una mayor eficiencia en el transporte.

3.2. Literatura nacional

En esta subsección se realiza una revisión de aquellos documentos que investigan los efectos que pueden tener los proyectos ferroviarios de transporte de pasajeros en Perú. Al respecto, se ha priorizado la revisión de aquellos estudios que evalúan los efectos de las APP. En el cuadro del anexo [A.2](#) se presenta un resumen de las principales características de los estudios revisados: objetivo del estudio, la unidad de análisis, la estructura de datos, las variables dependientes y explicativas, la metodología utilizada y resultados más relevantes.

Respecto a los estudios revisados, [Aguirre \(2012\)](#) analiza los efectos generados por las infraestructuras de transporte concesionadas supervisadas por el Ositrán, utilizando indicadores de desempeño e identificando que los contratos de concesión en transporte generan impactos en el crecimiento económico, la desigualdad y la pobreza. Por otro lado, [Flores y Chang \(2020\)](#) examina la relación entre la demanda de transporte concesionado y el creci-

miento económico en Perú. Para ello, aplican un modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL), concluyendo que el PIB impulsa el crecimiento del número de pasajeros ferroviarios; específicamente, estiman que un incremento del 1 % en el PIB genera un aumento del 0,571 % en la demanda de pasajeros ferroviarios.

Asimismo, [Del Carpio \(2023\)](#) analiza el impacto de las inversiones realizadas a través de APP en el sector de infraestructura de transporte y su contribución al desarrollo económico del Perú. Emplea un enfoque de panel con cointegración y causalidad Granger, que facilita el análisis de relaciones de largo plazo entre las inversiones en infraestructura ferroviaria y el desarrollo económico, encontrando que un aumento del 1 % en las inversiones en infraestructura ferroviaria concesionada resulta en un incremento del 0,08 % en el desarrollo económico regional.

Finalmente, [Contreras, Aguilar, y Lázaro \(2024\)](#) estudia el impacto de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao en la informalidad de las viviendas cercanas a las estaciones, abordando un tema crítico sobre los efectos sociales y económicos de la infraestructura de transporte en el entorno urbano. Utilizan el enfoque de diferencias en diferencias (DID) para medir el impacto causal, evidenciando que ha tenido un impacto positivo en la reducción de la informalidad en las zonas cercanas a sus estaciones.

Existen numerosos estudios, tanto a nivel nacional como internacional, que analizan los efectos de las líneas de metro destinadas al transporte urbano de pasajeros. Este estudio contribuye a dicha literatura empírica al ofrecer una primera aproximación de los beneficios de la implementación de la Línea 1, enfocándose especialmente en el ahorro de tiempo de viaje en comparación con otros medios de transporte. A partir de esta información, se realizan comparaciones entre modos de transporte, siguiendo una metodología similar a la utilizada por [Fu y Gu \(2018\)](#) y [Šperka et al. \(2021\)](#).

4. Estrategia empírica

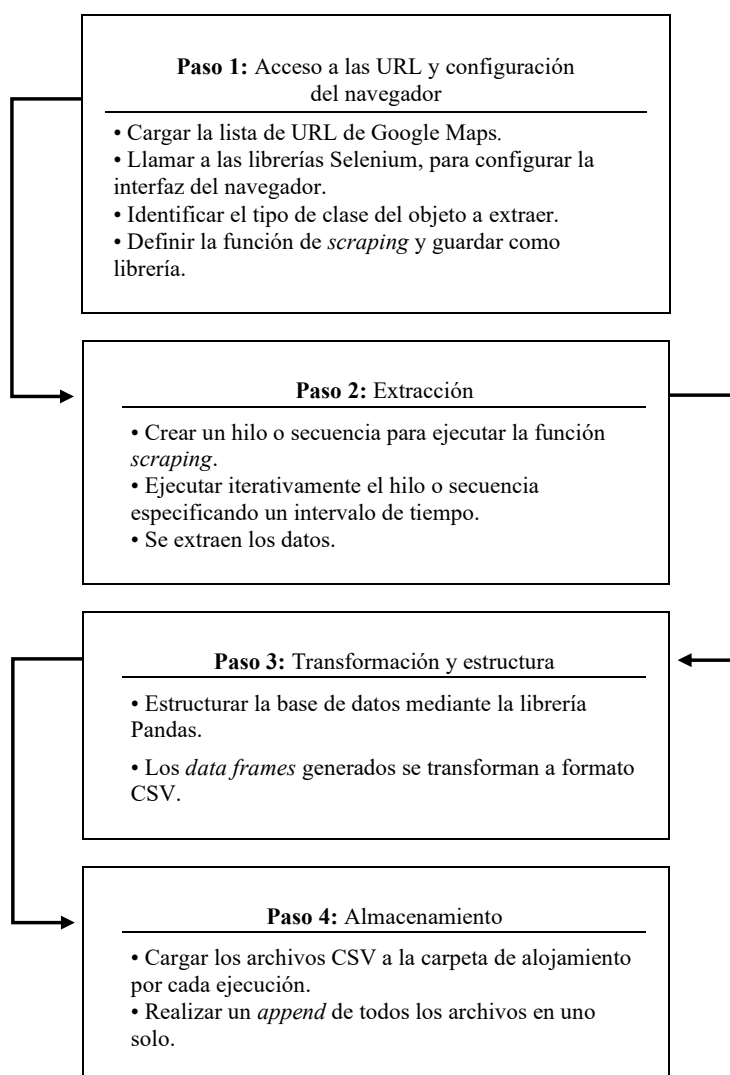
El presente estudio tiene como objetivo analizar los beneficios derivados de la implementación de la Línea 1 sobre la reducción de los tiempos de viaje. Para evaluar el impacto de este sistema de transporte urbano se emplea un enfoque basado en el análisis que permite comparar los tiempos de viaje a través de la Línea 1 con los tiempos de viaje a través de otros medios de transporte.¹ En este sentido, es necesario calcular el tiempo de viaje al emplear la Línea 1 para lo cual definimos este tiempo como la suma entre el tiempo efectivo de desplazamiento de un tren desde la estación de origen hasta el destino y el tiempo de espera del usuario para abordar el vagón. Matemáticamente, esto se muestra en la ecuación (1).

$$TTV_{i,j,t} = TEV_{i,j,t} + TEC_{i,t} \quad (1)$$

$$\forall i \neq j \wedge i, j = 1, 2, 3, \dots, N$$

Donde TTV representa el tiempo total de viaje desde la estación i hasta la estación j , TEV corresponde al tiempo efectivo de viaje; es decir, el intervalo que transcurre desde que el usuario aborda el vagón en la estación i hasta que llega a la estación j y TEC denota

¹Se han considerado como medios alternativos a los viajes en la Línea 1 aquellos realizados en bus y taxi, al ser los más similares en términos de características operativas. No se incluye al automóvil particular, ya que, salvo con la diferencia del tiempo de espera, los resultados serían similares a los del taxi. Además, por sus características, no representa una alternativa sustituta viable para la mayoría de usuarios de la Línea 1.

Figura 2: Etapas del flujo secuencial del *web scraping*

Fuente: Elaboración propia adaptada de [Persson \(2019\)](#) y [Khder \(2021\)](#)

el tiempo de espera en cola que los usuarios experimentan antes de abordar el vagón en la estación donde se inicia el viaje, *i*.

Por otro lado, para calcular los beneficios en términos de ahorro de tiempo asociados a la Línea 1 es necesario calcular el tiempo que habrían demorado los usuarios en desplazarse, a la misma hora, utilizando otros medios de transporte disponibles. Estos medios alternativos, a diferencia de la Línea 1, están sujetos a los efectos de la congestión vehicular, la cual puede ir cambiando durante el transcurso del día; por tanto, es relevante hacer la comparación de tiempos de viaje en los mismos momentos del día.

Es cierto que, en principio, no es posible determinar cuánto tiempo habría tardado un usuario de la Línea 1 si hubiera optado por utilizar otro medio de transporte, dado que es físicamente imposible estar en ambos medios de transporte de manera simultánea. Sin embargo, la herramienta de Google Maps ofrece una solución a este problema, ya que permite calcular los tiempos de viaje en distintos medios de transporte para un mismo momento del día. De este modo, es posible estimar la situación alternativa suponiendo que el viaje no se

realiza a través de la Línea 1, sino a través de otro medio de transporte.

La herramienta de Google Maps proporciona datos sobre los tiempos de viaje y las distancias recorridas en diferentes medios de transporte, considerando taxi y otros tipos de transporte público que incluye líneas de metro y buses, caminata e incluso bicicleta. Dado que el transporte en bus es el medio que mejor sustituye a la Línea 1 debido a sus características similares, se utiliza como la principal alternativa de transporte en este análisis. No obstante, aunque el transporte en taxi, por sus características, no se considera un sustituto directo de la Línea 1 ya que presenta distintos costos de transporte y comodidad, se cree que, en algunas rutas, utilizar la Línea 1 del Metro de Lima y Callao puede resultar más beneficioso en términos de ahorro de tiempo. Por ello, dentro del análisis también incluye una comparación respecto a este medio de transporte.

Si bien es posible recopilar información desde Google Maps de forma manual, esta opción no es viable debido a la gran cantidad de estaciones, días y horarios considerados en el estudio. Por ello, se utilizaron técnicas de *web scraping*, las cuales permiten extraer de manera automatizada información desde distintas páginas web, en este caso, desde Google Maps. Esta técnica facilita el acceso a datos no estructurados disponibles en la web, agilizando su recolección y posterior análisis.

La técnica de *web scraping* implementada sigue una estructura automatizada y secuencial compuesta por cuatro pasos (ver figura 2). En el primer paso, se accede a las URL de interés² y se configura el navegador utilizando la librería Selenium. A continuación, en el segundo paso, se ejecuta la función de extracción en intervalos definidos de tiempo, lo que permite recopilar los datos de forma sistemática. Posteriormente, en el tercer paso, la información recolectada se transforma en estructuras tabulares utilizando la librería Pandas y se guarda en archivos con formato CSV. Finalmente, en el cuarto paso, dichos archivos se almacenan en una carpeta designada y se integran en una única base consolidada.

Como se indicó anteriormente, es fundamental calcular el tiempo de viaje en el mismo momento del día dado que la congestión vehicular influye significativamente en los tiempos de viaje de buses y taxis. Por esta razón, el análisis presentado en este documento abarca distintos momentos del día para capturar los beneficios tanto en horas punta como en horas valle de congestión vehicular. Asimismo, se reconoce que la congestión puede variar entre días de semana, ya que existe una gran proporción de personas que trabajan de lunes a viernes, incluso los sábados, lo que sugiere dinámicas diferentes al inicio y al final de la semana. Por otro lado, los días feriados, festivos o aquellos afectados por huelgas y paros de transportistas se excluyen del análisis, ya que representan datos atípicos que no reflejan la dinámica usual del uso de los medios de transporte urbano.

Una vez estimado el tiempo ahorrado por el uso de la Línea 1, se procede a valorarlo en términos monetarios mediante la estimación del valor social del tiempo propuesta por Bonifaz (2000). Este concepto permite cuantificar económicamente los beneficios asociados a la reducción de los tiempos de desplazamiento, tanto en viajes laborales como no laborales, dentro del marco de una evaluación social de proyectos. El valor social del tiempo se define como el valor económico que la sociedad asigna al tiempo que las personas dedican a trasladarse de un lugar a otro. Su cálculo se basa en una suma ponderada del valor del tiempo destinado al trabajo y del valor del tiempo destinado al ocio, según la proporción de viajes correspondientes a cada categoría, tal como se muestra en la ecuación (2).

²Las URL de interés, correspondientes a las direcciones de Google Maps de todas las rutas incluidas en el análisis, fueron identificadas y recopiladas como paso previo a la implementación del *web scraping*.

$$VST = \alpha \cdot VTT + (1 - \alpha) \cdot VTO \quad (2)$$

Donde VST es el valor social del tiempo, VTT es el valor del tiempo de trabajo, VTO es el valor del tiempo de ocio y α es una medida de ponderación del valor del tiempo de trabajo. Siguiendo lo propuesto por [Calmet y Capurro \(2011\)](#), en términos prácticos, la medida de α será medida como el porcentaje de viajes de trabajo y de acuerdo a lo recomendado por [Gwilliam \(1997\)](#), el VTO será calculado como el 30 % del VTT .

La reducción del tiempo de viaje es uno de los principales beneficios de la Línea 1; sin embargo, este medio de transporte también puede generar otros impactos positivos en la población de la zona de influencia del proyecto, como el aumento del valor de las viviendas cercanas a las estaciones, el impulso al comercio, la creación de nuevas oportunidades laborales y la disminución de la informalidad en las viviendas, como lo analizaron [Contreras et al. \(2024\)](#), entre otros. Si bien estos beneficios no son cuantificados en este documento, es preciso resaltar que la cuantificación de estos otros beneficios podría formar parte de la agenda pendiente para futuras investigaciones.

5. Datos

A través de la herramienta Google Maps se recopiló información sobre los tiempos de viaje en los distintos medios de transporte: Línea 1, bus y taxi. Los datos obtenidos corresponden a trayectos que tienen como origen y destino las estaciones de la Línea 1. Si bien la recopilación de información puede realizarse de manera manual, esto no resulta viable dado la gran cantidad de estaciones, días y horarios en los que se extrajo la información. Por ello, se desarrolló una biblioteca de *web scraping* en Python diseñada para extraer los tiempos de viaje de Google Maps. Los detalles del código utilizado se describen en el anexo [A.3](#) de este documento. Además, en el anexo [A.4](#) se presenta el código que facilita la ejecución y automatización de funciones del anexo [A.3](#) en Jupyter Notebook.

Como se puede observar en el cuadro 1, con los referidos códigos se ha extraído un total de 59 361 tiempos de viaje para tramos entre estaciones contiguas (19 644 para la Línea 1, 19 644 para el transporte en bus y 20 073 para el transporte en taxi) durante 19 días en intervalos desde las 6:00 hasta las 22:00 horas (ver cuadro 1). Asimismo, se extrajo adicionalmente un total de 6118 tiempos de viaje (2035 para la Línea 1, 2047 para el transporte en bus y 2036 para el transporte en taxi) para tramos más largos que pasan por un conjunto de estaciones³, estos tiempos de viaje adicionales fueron extraídos durante 8 días en intervalos horarios entre las 6:00 y las 21:00 horas (ver cuadro 2). Cabe indicar que los días feriados, festivos o aquellos afectados por huelgas y paros de transportistas se excluyen del análisis, ya que representan datos atípicos que no reflejan la dinámica usual del uso de los medios de transporte urbano.

Por otro lado, los tiempos de espera en cola para los medios de transporte han sido tomados de fuentes secundarias. Al respecto, el tiempo de espera en cola de los usuarios de la Línea 1 ha sido tomado de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de los Usuarios 2023 del Ositrán (el detalle de los códigos empleados se presenta en el anexo [A.5](#) de este documento). Respecto del tiempo de espera del bus se ha tomado el dato publicado por Moovit en su página web, mientras que el tiempo de espera de un taxi ha sido tomado del estudio desarrollado por [Insardi y Lorenzo \(2020\)](#).

³Las estaciones iniciales y finales de los tramos largos se encuentran definidas en la sección de resultados.

Cuadro 1: Detalle de la información de tramos contiguos extraída de Google Maps

Fecha	Hora de recopilación de datos				Cantidad de datos recopilados		
	L1 y bus		Taxi		L1	Bus	Taxi
	Inicio	Fin	Inicio	Fin			
Lunes 04.11.24							
Lunes 18.11.24	06:11	21:55	06:14	21:58	3 521	3 521	3 527
Lunes 20.01.25							
Martes 05.11.24							
Martes 19.11.24	06:04	21:57	06:01	21:58	2 681	2 681	2 801
Martes 21.01.25							
Miércoles 06.11.24							
Miércoles 20.11.24	06:02	21:56	06:04	21:57	3 468	3 468	3 457
Miércoles 22.01.25							
Jueves 07.11.24							
Jueves 21.11.24	06:04	21:51	06:07	21:56	3 427	3 427	3 454
Jueves 23.01.25							
Viernes 08.11.24							
Viernes 22.11.24	06:09	21:56	06:16	21:59	2 992	2 992	3 027
Viernes 17.01.25							
Sábado 23.11.24	06:02	21:52	06:06	21:52	1 757	1 757	1 903
Sábado 18.01.25							
Domingo 24.11.24	06:10	21:48	06:14	21:50	1 798	1 798	1 904
Domingo 19.01.25							
Total					19 644	19 644	20 073

Fuente: Google Maps

Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao. Las estaciones iniciales y finales de los tramos largos se encuentran definidas en la sección de resultados.

Cuadro 2: Detalle de la información de tramos largos extraída de Google Maps

Fecha	Hora de recopilación de datos						Cantidad de datos recopilados		
	L1		Bus		Taxi		L1	Bus	Taxi
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin			
Lunes 03.03.2025	6:15	11:15	6:15	11:15	6:49	20:38	88	88	85
Lunes 24.03.2025	16:08	20:51	16:08	20:50	6:16	11:16	151	148	145
Martes 04.03.2025	6:49	20:34	6:49	20:33	16:09	20:51	296	295	296
Miércoles 05.03.2025	6:17	20:05	6:17	20:05	6:49	20:34	288	288	288
Jueves 06.03.2025	6:55	20:16	6:54	20:15	6:17	20:07	272	272	272
Viernes 07.03.2025	6:23	20:55	6:22	20:54	6:56	20:17	327	328	328
Sábado 15.03.2025	6:32	20:49	6:32	20:48	6:23	20:55	301	308	310
Domingo 09.03.2025	6:49	20:38	6:48	20:38	6:32	20:49	312	320	312
Total							2 035	2 047	2 036

Fuente: Google Maps

Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao. Las estaciones iniciales y finales de los tramos largos se encuentran definidas en la sección de resultados.

Para el cálculo del valor social del tiempo, se emplea información proveniente de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) del año 2023 elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI). En particular, de la referida encuesta se extrae el ingreso mensual bruto por persona y las horas trabajadas. Asimismo, para el cálculo de los intervalos que componen los niveles socioeconómicos (NSE) se ha tomado como referencia los valores calculados por la Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados (Apeim)⁴. En el anexo A.6 de este documento se presentan los códigos utilizados para realizar los cálculos en el software Stata 16.

6. Resultados

6.1. Comparación de los tiempos efectivos de viaje

En esta subsección se presenta los resultados del análisis de los tiempos de viaje efectivos de la Línea 1 en comparación con otros medios de transporte (buses y taxis). El análisis en esta subsección se enfoca exclusivamente en el tiempo de desplazamiento, sin considerar el tiempo de espera que los usuarios enfrentan antes de abordar el medio de transporte. El cuadro 3 presenta una comparación de los tiempos de viaje promedio entre estaciones contiguas de la Línea 1 y dos modos de transporte alternativos: el bus y el taxi. Esta comparación se realizó para un rango horario de 6:00 a 22:00 horas, abarcando todos los días de la semana, con el fin de evaluar el desempeño del sistema ferroviario en términos de eficiencia temporal.

Cuadro 3: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según día de la semana (Minutos)

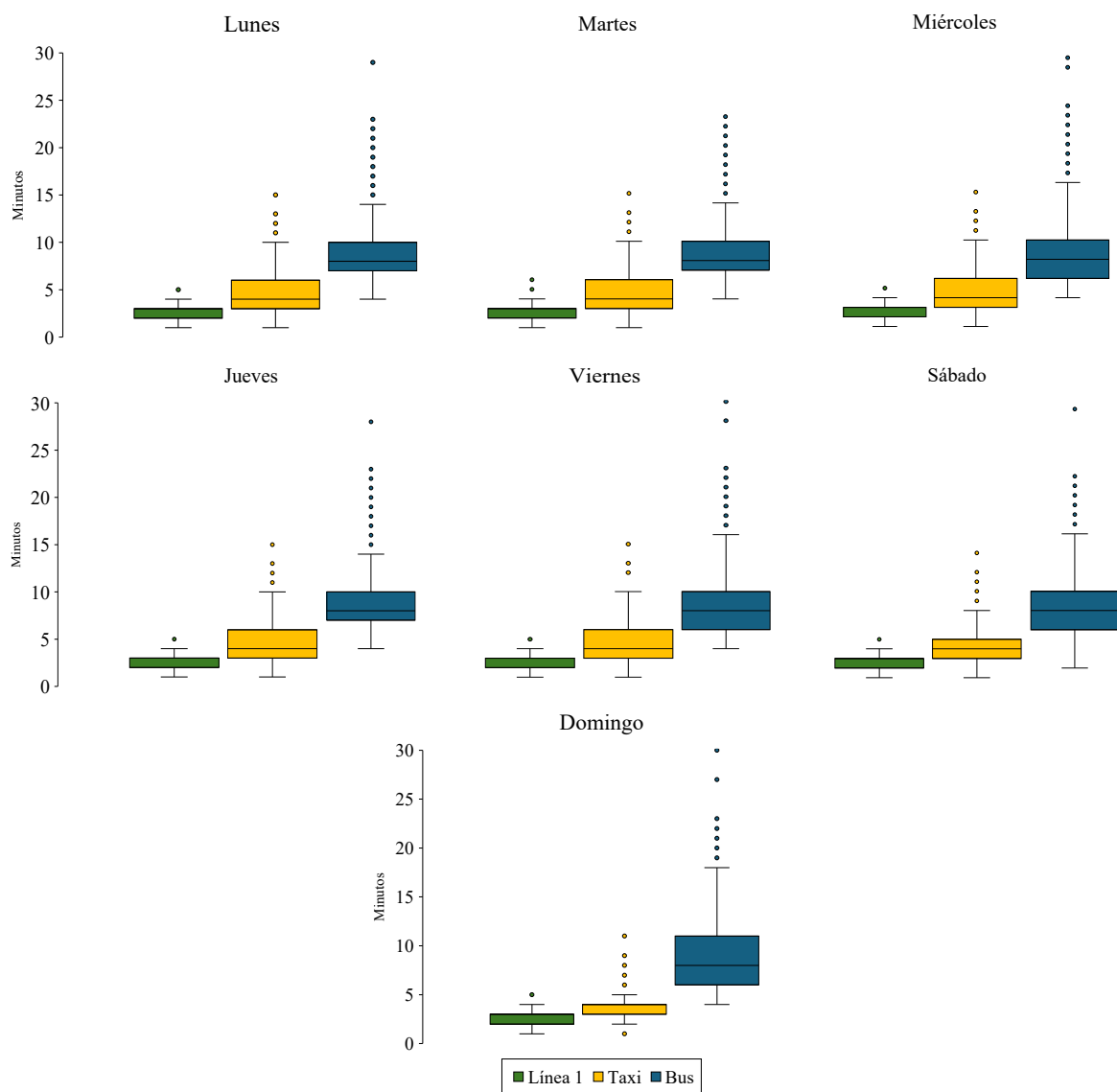
	Tiempo de viaje			Ahorro de tiempo de L1	
	L1 [a]	Bus [b]	Taxi [c]	Respecto bus [d] = [a] - [b]	Respecto taxi [e] = [a] - [c]
Lunes	2,83	9,07	4,75	-6,24	-1,92
Martes	2,82	8,88	4,93	-6,06	-2,11
Miércoles	2,84	8,98	4,94	-6,14	-2,11
Jueves	2,83	8,96	4,92	-6,13	-2,09
Viernes	2,82	9,02	5,05	-6,20	-2,23
Sábado	2,81	8,74	4,82	-5,93	-2,01
Domingo	2,81	9,18	4,16	-6,37	-1,35
Promedio toda la semana	2,82	8,97	4,80		
Promedio de lunes a viernes	2,83	8,98	4,92		
Promedio sábado y domingo	2,81	8,96	4,49		
D. E. toda la semana	0,01	0,13	0,28		
D. E. de lunes a viernes	0,01	0,06	0,09		
D. E. de sábado y domingo	0,00	0,22	0,33		

Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao, D. E. es desviación estándar. El cuadro considera tiempos de viaje promedio entre estaciones contiguas (con dirección hacia la estación de Villa el Salvador y Bayóvar) para distintos momentos del día, desde las 6:00 hasta las 22:00 horas.

La Línea 1 presenta un tiempo de viaje significativamente inferior en comparación con buses y taxis, registrando en promedio 2,82 minutos entre estaciones contiguas, con mínima variación semanal. Esto contrasta notablemente con los 8,97 minutos promedio del bus y los

⁴Documento disponible en: <https://apeim.com.pe/wp-content/uploads/2024/01/APEIM-Informe-de-Niveles-Socioeconomicos-2023-2024-Version-WEB.pdf>

Figura 3: Comparación de dispersiones de tiempos de viaje entre estaciones contiguas de lunes a domingo (Minutos)



Fuente: Google Maps

4,80 minutos del taxi, resultando en un ahorro de tiempo efectivo de viaje de 6,1 minutos por estación frente al bus y 2,0 minutos respecto al taxi.

Además, la Línea 1 demuestra una estabilidad notable en sus tiempos de viaje (entre 2,81 y 2,84 minutos), con una desviación estándar mínima (0,01 minutos en días laborables y 0,00 en fines de semana), por lo que podría resultar una opción más predecible y confiable. En contraste, buses y taxis muestran mayores fluctuaciones debido al tráfico, con tiempos más prolongados en buses los domingos (9,18 minutos) y en taxis los viernes (5,05 minutos), y una mayor variabilidad general (desviaciones estándar de 0,22 minutos para buses y 0,33 minutos para taxis en fines de semana).

En la figura 3 se grafica lo mencionado. Como se aprecia, La Línea 1 presenta una menor dispersión y menos valores atípicos en sus tiempos de viaje entre estaciones contiguas, lo que indica un servicio altamente regular y predecible. En contraste, tanto los taxis como los buses muestran una mayor variabilidad e imprevisibilidad, con una mayor dispersión y un número considerable de valores atípicos (principalmente en los viajes en bus). Este patrón se atribuye a que los modos de transporte que operan en la infraestructura vial están sujetos a factores externos como la congestión y las fluctuaciones en la demanda.

Adicionalmente, se sospecha que los tiempos de viaje también podrían ser distintos según la dirección del viaje. Sin embargo, el cuadro 4 revela que la Línea 1 mantiene tiempos de viaje casi constantes en ambas direcciones, con 2,82 minutos hacia la estación Villa El Salvador (VES) y 2,83 minutos hacia la estación Bayóvar (BAY), una diferencia mínima de 0,02 minutos. Esto refleja la estabilidad y regularidad de la Línea 1 ya que no se ve afectada por la congestión vehicular.

Cuadro 4: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según dirección de viaje (Minutos)

	Dirección VES [a]	Dirección BAY [b]	Diferencia [c] = [a] - [b]
L1	2,82	2,83	-0,02
Bus	8,67	9,28	-0,61
Taxi	4,88	4,78	0,10

Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao, VES es la estación de Villa el Salvador, BAY es la estación de Bayóvar. El cuadro considera tiempos de viaje promedio entre estaciones contiguas (con dirección hacia la estación de Villa el Salvador y Bayóvar) para distintos momentos del día, desde las 6:00 hasta las 22:00 horas.

En contraste, los tiempos de viaje en bus muestran una diferencia más notable: 8,67 minutos hacia VES frente a 9,28 minutos hacia BAY, una diferencia de 0,61 minutos. Esta disparidad en los buses sugiere que factores externos como la congestión vehicular o la distribución de pasajeros impactan de manera diferencial el desempeño según la dirección del viaje.

En el caso del taxi, se observa una tendencia opuesta a la del bus, pues el tiempo promedio de viaje hacia VES es de 4,88 minutos, mientras que hacia BAY es ligeramente menor, con 4,78 minutos, resultando en una diferencia de 0,10 minutos. Aunque esta variación es mínima, podría estar relacionada con factores como la distribución de semáforos, la fluidez del tráfico en ciertas secciones del trayecto o incluso las decisiones de ruta tomadas por los conductores de taxi en función de la congestión vehicular.

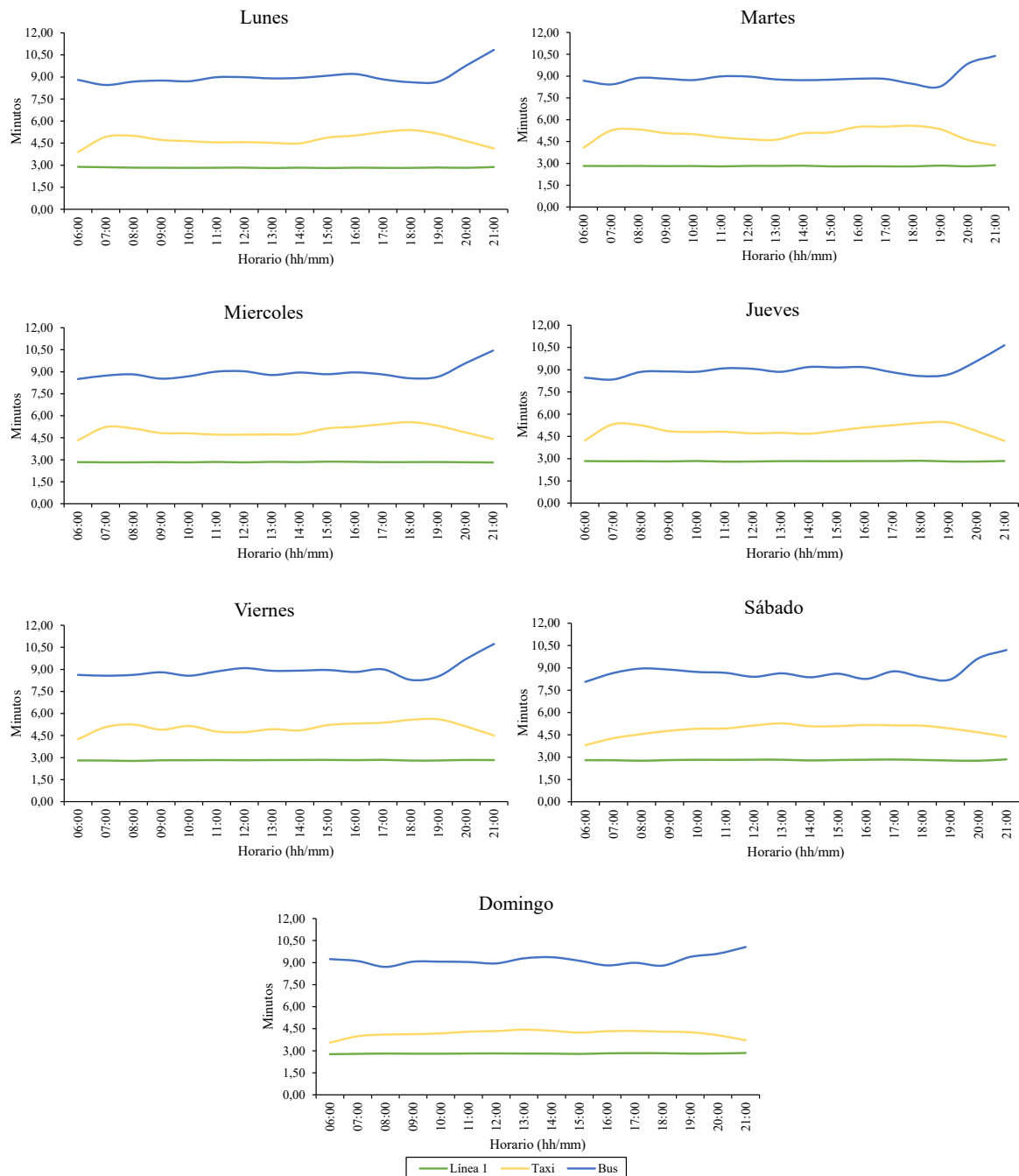
El cuadro 5 compara los tiempos promedios de viaje entre estaciones contiguas según el rango horario en el que se realicen. El referido cuadro detalla que la Línea 1 es la opción de transporte más rápida y regular en todas las direcciones (hacia VES o BAY) y horarios,

Cuadro 5: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según horario de viaje (Minutos)

	Tiempo de viaje			Ahorro de tiempo de L1	
	L1 [a]	Bus [b]	Taxi [c]	Respecto bus [d] = [a] - [b]	Respecto taxi [e] = [a] - [c]
Dirección a VES					
6:00 - 7:00 h	2,82	8,15	4,03	-5,33	-1,21
7:00 - 8:00 h	2,81	8,14	4,74	-5,34	-1,93
8:00 - 9:00 h	2,82	8,51	4,77	-5,69	-1,95
9:00 - 10:00 h	2,81	8,59	4,68	-5,78	-1,87
10:00 - 11:00 h	2,81	8,57	4,79	-5,76	-1,97
11:00 - 12:00 h	2,82	8,76	4,77	-5,94	-1,95
12:00 - 13:00 h	2,81	8,71	4,77	-5,90	-1,96
13:00 - 14:00 h	2,82	8,67	4,78	-5,85	-1,97
14:00 - 15:00 h	2,83	8,79	4,83	-5,96	-2,00
15:00 - 16:00 h	2,81	8,73	5,01	-5,92	-2,20
16:00 - 17:00 h	2,82	8,73	5,17	-5,91	-2,35
17:00 - 18:00 h	2,82	8,45	5,38	-5,64	-2,56
18:00 - 19:00 h	2,82	7,99	5,57	-5,16	-2,75
19:00 - 20:00 h	2,81	8,34	5,48	-5,52	-2,67
20:00 - 21:00 h	2,80	9,00	4,95	-6,20	-2,15
21:00 - 22:00 h	2,85	10,15	4,38	-7,31	-1,53
Dirección BAY					
6:00 - 7:00 h	2,83	9,04	4,13	-6,20	-1,30
7:00 - 8:00 h	2,84	8,94	5,27	-6,10	-2,43
8:00 - 9:00 h	2,82	9,04	5,37	-6,22	-2,56
9:00 - 10:00 h	2,83	9,02	4,95	-6,19	-2,12
10:00 - 11:00 h	2,84	8,95	4,73	-6,11	-1,89
11:00 - 12:00 h	2,83	9,17	4,67	-6,35	-1,84
12:00 - 13:00 h	2,84	9,25	4,59	-6,41	-1,75
13:00 - 14:00 h	2,84	9,10	4,67	-6,26	-1,83
14:00 - 15:00 h	2,83	9,20	4,58	-6,37	-1,75
15:00 - 16:00 h	2,84	9,19	4,83	-6,35	-1,99
16:00 - 17:00 h	2,84	9,12	5,05	-6,28	-2,21
17:00 - 18:00 h	2,85	9,21	5,07	-6,36	-2,23
18:00 - 19:00 h	2,83	9,01	5,11	-6,17	-2,27
19:00 - 20:00 h	2,83	8,99	4,90	-6,16	-2,08
20:00 - 21:00 h	2,83	10,38	4,44	-7,54	-1,60
21:00 - 22:00 h	2,84	10,94	4,15	-8,10	-1,31
D. E. dirección VES	0,01	0,47	0,38		
D. E. dirección BAY	0,01	0,54	0,35		

Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao, D. E. es desviación estándar, VES es la estación de Villa el Salvador, BAY es la estación de Bayóvar.

Figura 4: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según día de la semana (Minutos)



Fuente: Google Maps

ofreciendo ahorros de tiempo considerables frente al bus (promedio de 5,85 minutos hacia VES y 6,45 minutos hacia BAY) y frente al taxi (promedio de 2,06 minutos hacia VES y 1,95 minutos hacia BAY).

Como ya se había señalado, la Línea 1 mantiene una estabilidad notable en sus tiempos de viaje con variaciones mínimas y una desviación estándar de 0,01 minutos en ambas direcciones, mientras que, los buses y taxis muestran fluctuaciones significativas debido a la congestión y demanda vial; por ejemplo, los tiempos en bus pueden llegar hasta 10,15 minutos hacia VES y 10,94 minutos hacia BAY en horas nocturnas, donde el ahorro de tiempo de la Línea 1 es máximo (7,31 minutos hacia VES y 8,10 minutos hacia BAY). La mayor variabilidad en buses (desviación estándar de 0,47 minutos hacia VES y 0,54 minutos hacia BAY) y taxis (desviación estándar de 0,38 minutos hacia VES y 0,35 minutos hacia BAY) en contraste con la Línea 1, resalta la predictibilidad de la línea de metro.

En concordancia con lo visto en el cuadro 5, la figura 4 ilustra como la Línea 1 mantiene una notable estabilidad en sus tiempos de viaje durante toda la semana y en distintos momentos del día. Este medio de transporte ofrece un ahorro de tiempo considerable y consistente en comparación con el bus y el taxi, cuyos tiempos promedio son significativamente mayores en todas las franjas horarias, especialmente por la noche, cuando la brecha se amplía. Este incremento nocturno se puede deber a la creciente congestión vial, logrando que los vehículos viajen hasta 11 km/h⁵. Esto afectaría directamente los tiempos del bus, que tienden a aumentar en particular entre las 19:00 y 21:00 horas. Por su parte, los taxis muestran una ligera reducción en sus tiempos de viaje, posiblemente por el uso de rutas alternas y aplicativos que permiten optimizar los tiempos de viaje.

6.2. Comparación de los tiempos de viaje considerando tiempo de espera

En esta subsección se analizan los tiempos de viaje en la Línea 1, el bus y el taxi, incorporando el tiempo de espera en cola, con el objetivo de determinar si, incluso bajo estas condiciones, la Línea 1 conserva su ventaja en términos de tiempo. Para ello, nos enfocamos en las rutas de mayor demanda (más frecuentes), las cuales son determinadas a partir de la distribución de la demanda de pasajeros de la Línea 1 en el 2024 presentada en el cuadro 6 (con abreviaturas de estaciones en el Anexo A.7). Este cuadro que presenta las estaciones ordenadas desde Villa El Salvador hasta Bayóvar, muestra los patrones de movilidad, identificando las horas punta con mayor afluencia y las estaciones más concurridas, señaladas por la intensidad del color rojo.

El referido cuadro registra los ingresos de pasajeros mas no las salidas. En ese sentido, se observa que estaciones periféricas como Villa El Salvador y Bayóvar registran una alta afluencia por las mañanas, mientras que las estaciones céntricas como Angamos, La Cultura, Gamarra y Miguel Grau concentran gran cantidad de ingreso de pasajeros por la tarde y noche. Esto sugiere un patrón de viaje donde los usuarios se desplazan de la periferia al centro por la mañana y regresan por la tarde. Con base en esta información, y asumiendo que los pasajeros que viajan por una ruta en la mañana regresan por la misma en la tarde, se han identificado las rutas de mayor frecuencia (con más de un millón de pasajeros en 2024), detalladas en el cuadro 7.

Una vez determinadas las rutas más frecuentes, en el cuadro 8 se presenta el promedio

⁵De acuerdo con la Asociación Automotriz del Perú, el marcado colapso vehicular en Lima evidencia que, en los horarios nocturnos las velocidades de los vehículos descienden hasta los 11 km/h; es decir, presentan una velocidad inferior a la velocidad promedio de un ciclista (12 a 15 km/h). Revisar: <https://aap.org.pe/colapso-vehicular-en-lima-la-velocidad-promedio-cae-hasta-11-km-h-en-las-noches/>

Cuadro 6: Demanda de pasajeros de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao en el año 2024 (Miles de pasajeros)

Rango horario (horas)																
6:00-7:00	7:00-8:00	8:00-9:00	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	19:00-20:00	20:00-21:00		
VES	1 359,4	1 586,8	1 422,4	1 004,8	784,9	632,5	597,1	603,8	578,7	555,8	527,9	604,1	598,3	439,1	275,6	
PIN	421,1	557,3	428,2	269,4	199,2	159,2	148,8	156,8	148,5	140,7	141,3	191,6	189,9	116,6	67,9	
PUM	537,6	652,1	517,5	308,7	221,7	169,3	154,8	158,1	145,5	143,2	137,4	166,9	140,9	91,2	61,0	
VMA	739,4	886,2	785,9	581,7	460,9	377,6	366,9	362,7	325,0	313,4	290,4	350,2	308,1	202,7	139,7	
MAU	661,5	811,4	744,6	509,9	389,2	316,0	292,8	302,2	270,6	257,0	241,7	272,4	261,2	203,7	123,2	
SJU	459,7	655,9	590,0	438,7	357,5	303,7	276,5	280,8	270,6	261,2	245,2	257,9	262,5	192,1	129,5	
ATO	335,9	559,9	542,3	459,0	416,7	391,8	389,3	404,6	406,2	403,2	437,5	537,5	604,9	531,2	387,6	
JCH	135,1	289,3	255,9	200,6	210,8	191,2	189,0	194,1	185,9	182,9	204,8	289,5	317,0	252,7	163,9	
AYA	124,7	239,6	218,3	169,0	161,0	153,8	159,4	195,2	196,5	206,5	248,0	402,1	479,9	391,2	250,6	
CAB	95,7	215,5	190,2	161,8	185,4	209,3	245,0	361,9	347,0	378,8	497,0	858,8	998,3	895,7	645,7	
ANG	142,6	320,1	301,3	307,3	348,1	390,4	434,0	544,1	544,6	616,7	803,1	1 119,2	1 205,4	1 113,4	883,2	
SBS	50,7	126,5	104,4	97,1	107,3	112,5	123,6	166,8	163,8	190,4	264,9	464,3	551,4	510,5	322,7	
CUL	250,1	480,3	381,0	380,6	428,8	491,7	586,0	790,8	765,4	821,5	1 074,9	1 766,7	2 103,2	1 966,1	1 440,7	
NAR	141,8	274,1	212,3	175,6	168,0	173,0	206,9	286,6	285,7	315,9	386,0	713,6	934,8	864,5	673,2	
GAM	124,4	227,0	239,7	276,4	432,5	724,8	1 032,4	1 207,0	1 204,4	1 280,8	1 485,9	1 837,6	2 159,4	2 331,6	2 114,2	
MIG	359,1	626,9	598,4	496,1	519,4	597,4	723,4	884,6	933,4	934,9	1 046,1	1 403,7	1 696,4	1 563,0	1 366,6	
ELA	25,2	51,3	45,4	33,4	32,4	35,8	41,5	44,4	38,4	41,4	46,5	54,0	62,4	50,6	31,6	
PRE	99,2	184,1	151,2	101,1	84,1	75,6	84,4	101,2	103,7	103,7	114,4	176,6	231,6	205,0	120,5	
CAA	449,5	648,3	647,2	540,1	475,1	412,5	423,3	450,1	448,3	463,7	486,4	606,9	651,7	596,2	516,6	
PIR	307,0	482,6	466,8	375,8	317,0	269,3	264,5	267,9	280,2	278,3	295,7	385,0	455,9	400,7	275,7	
JAR	418,7	525,9	534,7	467,6	371,1	315,1	302,0	300,7	299,6	289,8	296,8	345,9	381,1	301,3	223,1	
POS	416,4	515,1	498,6	419,7	301,7	231,2	213,4	200,8	206,5	198,2	193,6	217,3	198,8	142,9	99,0	
SCA	563,3	648,3	608,6	504,4	396,8	319,7	299,9	307,6	311,5	288,4	290,9	311,6	303,7	225,5	168,1	
SMA	556,0	684,3	629,2	481,0	366,6	306,3	319,4	291,6	283,5	288,4	285,2	296,9	291,0	194,7	145,4	
SRO	553,8	638,2	597,4	486,2	373,5	296,2	275,3	274,6	265,0	269,3	254,3	273,0	258,6	197,5	127,8	
BAY	1 862,1	2 137,6	1 907,9	1 455,3	1 038,5	805,3	749,6	757,1	729,5	721,4	673,9	700,9	639,0	443,2	302,3	

Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Ositrán)

Nota: el cuadro registra la cantidad de pasajeros que ingresan a cada estación por cada rango horario. Las estaciones se encuentran ordenadas desde Villa el Salvador hasta Bayóvar. La mayor intensidad del color rojo hace referencia a una mayor cantidad de pasajeros.

Cuadro 7: Rutas frecuentes en la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

Ruta: origen → destino	
Mañana (de 6:00 a 11:00 horas)	Tarde (de 16:00 a 20:00 horas)
VES → ANG	ANG → VES
VES → CUL	ANG → BAY
VES → GAM	CUL → VES
VES → MIG	CUL → BAY
BAY → ANG	GAM → VES
BAY → CUL	GAM → BAY
BAY → GAM	MIG → VES
BAY → MIG	MIG → BAY

Nota: las rutas frecuentes han sido determinadas considerando solo aquellas estaciones que cuentan con una cantidad superior a un millón de pasajeros en el año 2024. Se ha supuesto que las personas que viajan por una ruta en la mañana regresan por esa misma ruta por la tarde.

del tiempo total de viaje (que incluye el tiempo efectivo de viaje como el tiempo de espera en cola) para los usuarios al emplear la Línea 1, buses y taxis, así como los ahorros que implica usar la Línea 1 en comparación con los demás medios de transporte. Para estos cálculos, se utilizó el promedio del tiempo de espera en cola (TEC) de la Línea 1, obtenido de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de Usuarios 2023 realizada por Ositrán.

Es importante señalar que, el tiempo de espera en cola para la Línea 1 incluye tanto el tiempo promedio de espera para ingresar a la estación como el tiempo promedio de espera del tren (4,5 minutos)⁶. El tiempo de viaje en bus considera el tiempo promedio de espera de los autobuses (11 minutos), según la información proporcionada por la página web de Moovit, mientras que el tiempo de viaje en taxi incluye el tiempo promedio de espera de los taxis (6,9 minutos). Dado que no se dispone de datos sobre el tiempo promedio de espera de taxis para Lima, se ha tomado como referencia el dato calculado por Insardi y Lorenzo (2020) para la ciudad de São Paulo, Brasil.

Como se observa en el cuadro 8, durante la mañana (de 6:00 a 11:00 horas), el tiempo total de viaje promedio en la Línea 1 es de 51,7 minutos. Este valor representa un ahorro de 29,0 minutos en comparación con el bus (80,7 minutos) y de 3,7 minutos respecto al taxi (55,4 minutos). La ruta VES → GAM muestra el mayor ahorro frente al bus, con 42,1 minutos.

En cambio, durante la tarde (de 16:00 a 20:00 horas), si bien la Línea 1 sigue siendo más rápida que el bus, con un ahorro promedio de 21,5 minutos y un máximo de 38,6 minutos en la ruta MIG → VES, el taxi resulta, en promedio, más veloz que la Línea 1. Esta ventaja del taxi en el horario de la tarde se explica principalmente por los mayores tiempos de espera en cola que presenta la Línea 1 en ese tramo del día.

De manera complementaria, la figura 5 presenta la distribución del ahorro de tiempo en las rutas frecuentes de la Línea 1. La figura compara el desempeño de la Línea 1 frente a los tiempos de viaje en bus y taxi, diferenciando por la dirección del desplazamiento (hacia la estación Villa El Salvador o hacia la estación Bayóvar) y el momento del día (mañana o tarde).

En la referida figura se observa que el mayor ahorro promedio de tiempo se registra frente al servicio de bus. Durante las mañanas, los viajes en rutas frecuentes con dirección

⁶El tiempo promedio de espera del tren ha sido determinado a partir del tiempo que tarda en pasar cada tren según la información publicada en la página web del concesionario. Disponible en: <https://www.lineauno.pe/noticias/comunicado-22/>.

Cuadro 8: Cálculo del ahorro de tiempo de viajar en las rutas frecuentes de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao (Minutos)

Horario	Ruta	Línea 1		Taxi ^{3/}		Ahorro de tiempo	
		TEV [a]	TEC ^{1/} [b]	TTV [c] = [a] + [b]	Bus ^{2/} [d]	Respecto bus [f] = [c] - [d]	Respecto taxi [g] = [c] - [e]
Mañana (de 6:00 a 11:00 horas)	VES → ANG	22	26,2	48,2	75,4	-27,2	2,0
	VES → CUL	27	26,2	53,2	85,5	-32,2	2,6
	VES → GAM	31	26,2	57,2	99,3	-42,1	-2,6
	VES → MIG	36	26,2	62,2	95,7	-33,5	-2,0
	BAY → ANG	30	23,4	53,4	86,1	-32,7	-9,3
	BAY → CUL	26	23,4	49,4	75,1	-25,7	-7,3
	BAY → GAM	23	23,4	46,4	66,6	-20,2	-6,3
	BAY → MIG	20	23,4	43,4	62,0	-18,7	-7,1
	Promedio	26,9	24,8	51,7	80,7	-29,0	-3,7
Tarde (de 16:00 a 20:00 horas)	ANG → VES	24	29,2	53,2	81,6	-28,4	4,6
	ANG → BAY	32	29,2	61,2	83,0	-21,8	-5,0
	CUL → VES	28	33,3	61,3	91,7	-30,5	9,8
	CUL → BAY	27	33,3	60,3	74,6	-14,4	2,3
	GAM → VES	33	39,6	72,6	104,9	-32,3	10,2
	GAM → BAY	23	39,6	62,6	66,2	-3,5	5,6
	MIG → VES	36	34,9	70,9	109,5	-38,6	7,5
	MIG → BAY	23	34,9	57,9	60,5	-2,7	7,8
	Promedio	28,3	34,2	62,5	84,0	-21,5	5,3

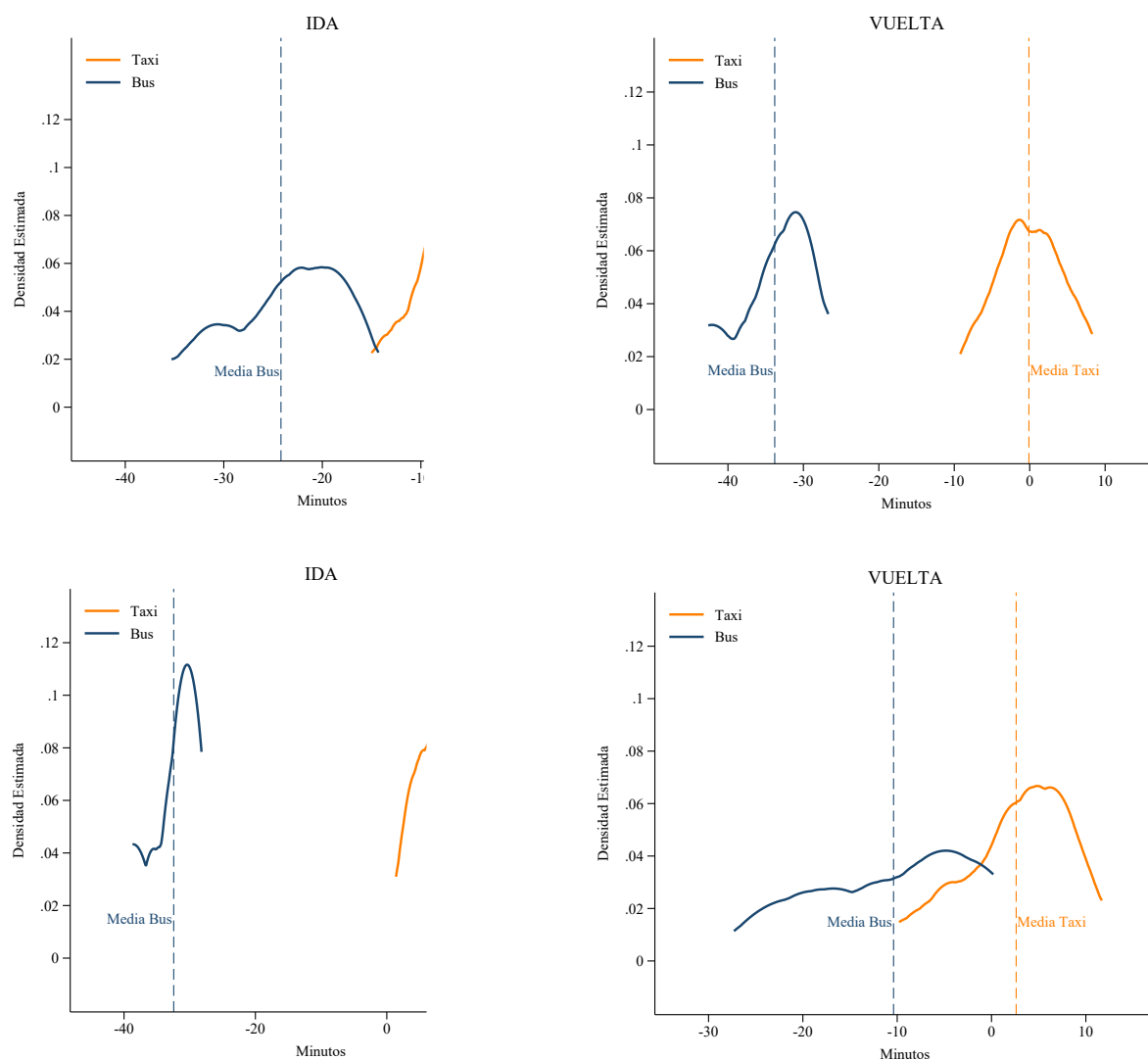
Nota: TEV es tiempo efectivo de viaje, TEC es tiempo de espera en cola y TTV es el tiempo total de viaje. Los TEV han sido calculados como la suma de TVE entre las estaciones contiguas. El TEV ha sido extraído de Google Maps.

^{1/} El promedio de tiempo de espera en cola ha sido calculado a partir de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de Usuarios 2023 del Ositrán que incluye el tiempo promedio de cola para ingresar a la estación y un tiempo promedio de espera del tren (4,5 min) que ha sido calculado como el promedio del tiempo que tarda en pasar un tren que se encuentra publicado en la página web del concesionario, disponible en: <https://www.lineauno.pe/noticias/comunicado-22/>.

^{2/} Incluye el tiempo efectivo de viaje y el tiempo promedio de espera del bus (11 min). El tiempo de espera ha sido tomado de la página web de Moovit, disponible en: https://moovitapp.com/insights/en/Moovit_Insights_Public_Transit_Index-countries.

^{3/} Incluye el tiempo efectivo de viaje y el tiempo promedio de espera del taxi a través del aplicativo Uber (6,9 min). Dado que no se cuenta con el dato de tiempo promedio de espera para Lima se ha considerado el dato calculado por Insardi y Lorenzo (2019) para la ciudad de São Paulo, Brasil.

Figura 5: Distribución del ahorro de tiempo de viaje en las rutas frecuentes de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao, según horario y dirección de viaje



Nota: VES es la estación Villa el Salvador y BAY es la estación Bayóvar. Las funciones de densidad de probabilidad fueron estimadas mediante el método no paramétrico de Kernel, que permite obtener estimaciones sin necesidad de suponer una forma funcional o distribución paramétrica predeterminada.

a BAY (panel 5b) presentan un ahorro promedio de 33,8 minutos, mientras que hacia VES (panel 5a) el ahorro alcanza los 24,2 minutos. Por la tarde, si bien las diferencias se reducen, la Línea 1 sigue siendo considerablemente más rápida, los usuarios ahorran en promedio 32,4 minutos en las principales rutas con dirección hacia VES (panel 5c) y 10,4 minutos en las rutas hacia BAY (panel 5d).

Al comparar la Línea 1 con el taxi, el comportamiento es más heterogéneo. En la mañana, la Línea 1 ofrece un ahorro promedio de 7,48 minutos en las rutas frecuentes hacia VES (panel 5a), mientras que en dirección a BAY (panel 5b) la diferencia es prácticamente nula, con un ahorro de solo 0,10 minutos. En cambio, durante la tarde, el taxi resulta más rápido en ambas direcciones, supera en promedio a la Línea 1 por 8,03 minutos en las rutas frecuentes hacia VES (panel 5c) y por 2,62 minutos en las rutas frecuentes hacia BAY (panel 5d). Como se explicó previamente, esta pérdida de ventaja de la Línea 1 en las horas punta de la tarde se asocia principalmente a los mayores tiempos de espera en cola, especialmente en estaciones con alta afluencia de pasajeros.

En general, los resultados presentados en el cuadro 8 y figura 5 evidencian que la Línea 1 constituye la opción de transporte considerablemente más rápida que el bus, registrando ahorros de tiempo sustanciales en todas las rutas analizadas. Incluso en el horario de la mañana, la Línea 1 muestra ventajas de ahorro de tiempo frente al taxi; sin embargo, esta situación no se replica en el horario de la tarde, debido principalmente a los mayores tiempos de espera en cola. Aunque en términos de calidad y precio el taxi no puede considerarse un sustituto de la Línea 1, la comparación de tiempos de viaje con este medio responde al interés de destacar que, aun frente a un transporte particular, la Línea 1 puede ofrecer trayectos más rápidos en numerosos casos.

Cabe resaltar que, según lo observado en el referido cuadro, uno de los principales problemas de la Línea 1 radica en que el tiempo de espera en cola es igual o incluso superior al tiempo efectivo de viaje. Esto sugiere que, aunque la Línea 1 se presenta como la opción de transporte más rápida, su ventaja puede verse disminuida debido a las largas esperas, lo que a su vez indica que la demanda estaría superando la capacidad de oferta del servicio. En este contexto, sería necesario que las autoridades competentes evalúen alternativas para ampliar la capacidad de la Línea 1 o desarrollen proyectos de transporte complementarios que contribuyan a descongestionarla, especialmente durante las horas punta.

Siguiendo la metodología propuesta por Bonifaz (2000) y replicada por Calmet y Capurro (2011), se ha calculado el valor social del tiempo (VST) con el objetivo de cuantificar el ahorro en tiempo de viaje en términos económicos. En el cuadro 9 se presenta dicho cálculo utilizando la ecuación (2) para cada nivel socioeconómico (NSE). De acuerdo con la información del cuadro, el VST para el NSE A es de 0,74 soles por minuto, mientras que para el NSE E es de 0,10 soles por minuto.

Es relevante señalar que los coeficientes α han sido extraídos del informe elaborado por el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP, 2012). Además, los datos sobre el ingreso mensual bruto por persona, las horas trabajadas y los intervalos correspondientes a cada NSE se han obtenido de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) 2023. Para el cálculo de los NSE se ha utilizado como referencia los valores proporcionados por la Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados (Apeim).

A partir de los cálculos anteriores, en el cuadro 10 se presenta el valor económico del tiempo ahorrado al utilizar las rutas más frecuentes de la Línea 1 en comparación con el uso del bus. En dicho cuadro, se cuantifica el ahorro de tiempo en minutos y se estima el beneficio económico derivado de este ahorro en términos monetarios, considerando un intervalo inferior

Cuadro 9: Cálculo del valor social del tiempo al 2023

NSE	Ingreso mensual bruto por persona (soles)	Promedio mensual de horas trabajadas	α	$(1-\alpha)$	VTT (soles por hora)	VTO (soles por hora)	VST (soles por minuto)	
A	12 587,08	197,1	55,92	44,08	63,86	19,16	44,16	0,74
B	6 714,66	221,66	57,705	42,295	30,29	9,09	21,32	0,36
C	3 716,48	198,53	46,90	53,10	18,72	5,62	11,76	0,20
D	2 529,01	190,33	43,475	56,525	13,29	3,99	8,03	0,13
E	1 920,66	194,33	45,96	54,04	9,88	2,96	6,14	0,10

Nota: NSE es el nivel socioeconómico, α es el porcentaje de viajes al trabajo, VTT es el valor del tiempo de trabajo, VTO es el valor del tiempo de ocio y VST es el valor social del tiempo. Los α han sido tomados del documento elaborado por el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico - CIUP (2012) y el ingreso mensual bruto por persona, las horas trabajadas y los intervalos que componen los NSE han sido determinados a partir de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) 2023. Asimismo, para el cálculo de los NSE se ha tomado como referencia los valores calculados por la Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados (Apeim) disponibles en: <https://apeim.com.pe/wp-content/uploads/2024/01/APEIM-Informe-de-Niveles-Socioeconomicos-2023-2024-Version-WEB.pdf>

Cuadro 10: Valor económico del tiempo ahorrado por viajar en las rutas frecuentes de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

Horario	Ruta	Ahorro de tiempo de L1 respecto del bus (Minutos)	Ahorro económico respecto del bus por cada viaje (Soles)		Ahorro económico respecto del bus por un millón de viajes (Soles)	
			Intervalo inferior	Intervalo superior	Intervalo inferior	Intervalo superior
Mañana (de 6:00 a 11:00 horas)	VES → ANG	-27,2	-2,7	-20,1	-2 721 169	-20 136 649
	VES → CUL	-32,2	-3,2	-23,9	-3 224 110	-23 858 413
	VES → GAM	-42,1	-4,2	-31,1	-4 206 686	-31 129 478
	VES → MIG	-33,5	-3,3	-24,8	-3 349 110	-24 783 413
	BAY → ANG	-32,7	-3,3	-24,2	-3 273 833	-24 226 366
	BAY → CUL	-25,7	-2,6	-19,0	-2 569 422	-19 013 719
	BAY → GAM	-20,2	-2,0	-14,9	-2 017 216	-14 927 396
	BAY → MIG	-18,7	-1,9	-13,8	-1 865 037	-13 801 274
	Promedio	-29,0	-2,9	-21,5	-2 903 323	-21 484 589
Tarde (de 16:00 a 20:00 horas)	ANG → VES	-28,4	-2,8	-21,0	-2 835 569	-20 983 214
	ANG → BAY	-21,8	-2,2	-16,1	-2 175 065	-16 095 482
	CUL → VES	-30,5	-3,0	-22,5	-3 046 742	-22 545 894
	CUL → BAY	-14,4	-1,4	-10,6	-1 436 954	-10 633 462
	GAM → VES	-32,3	-3,2	-23,9	-3 228 151	-23 888 319
	GAM → BAY	-3,5	-0,4	-2,6	-350 840	-2 596 219
	MIG → VES	-38,6	-3,9	-28,6	-3 858 718	-28 554 517
	MIG → BAY	-2,7	-0,3	-2,0	-265 833	-1 967 167
	Promedio	-21,5	-2,1	-15,9	-2 149 734	-15 908 034

Nota: L1 es la Línea 1 del Metro de Lima y Callao. El intervalo inferior está definido por el valor social del tiempo de los pasajeros que pertenecen al nivel socioeconómico E; mientras que, el intervalo superior está definido por el valor social del tiempo de los pasajeros que pertenecen al nivel socioeconómico A.

como uno superior. Estos intervalos están determinados por el valor social del tiempo de los pasajeros, siendo el intervalo inferior correspondiente a aquellos de nivel socioeconómico E, y el intervalo superior, a los de nivel socioeconómico A.

Como se puede observar en el cuadro 10, en el horario de la mañana (de 6:00 a 11:00 horas), el ahorro de tiempo promedio en la Línea 1 con respecto al bus es de 29,0 minutos. A nivel agregado, considerando un millón de viajes, este ahorro representa entre 2,9 millones de soles y 21,5 millones de soles, dependiendo del perfil socioeconómico de los pasajeros. Las rutas que presentan los mayores beneficios económicos corresponden a VES → GAM y VES → MIG. En términos agregados, estas rutas pueden generar un ahorro de hasta 31,1 y 24,8 millones de soles por millón de viajes, respectivamente. En contraste, la menor reducción de costos se observa en la ruta BAY → MIG, con un ahorro que oscila entre 1,9 y 13,8 millones de soles por millón de viajes.

En el horario de la tarde (de 16:00 a 20:00 horas), el ahorro de tiempo promedio de la Línea 1 frente al bus es de 21,5 minutos, lo que se traduce en un ahorro total de entre 2,2 y 15,9 millones de soles por cada millón de viajes. La mayor reducción de costos se registra en la ruta MIG → VES, con un ahorro de hasta 28,55 millones de soles por millón de viajes. En contraste, las rutas con menor impacto económico son GAM → BAY y MIG → BAY, con ahorros de 2,59 y 1,98 millones de soles por millón de viajes, respectivamente.

Estos resultados evidencian que la Línea 1 no solo permite una reducción en los tiempos de viaje en comparación con el bus, sino que también genera un beneficio económico relevante para los usuarios y la sociedad en su conjunto. La magnitud del beneficio varía según la ruta, el horario y el nivel socioeconómico de los pasajeros, siendo mayor para aquellos que valoran más su tiempo. Asimismo, las rutas de mayor distancia presentan un mayor ahorro, lo que sugiere que la Línea 1 presenta mayores beneficios en trayectos largos y en momentos de alta congestión vehicular.

Si bien desde la perspectiva del ahorro de tiempo en los desplazamientos la Línea 1 se presenta como una alternativa significativamente más eficiente en comparación con el transporte en bus y, en menor medida, con el servicio de taxi, esta infraestructura de transporte urbano aún enfrenta diversos desafíos. Entre las principales dificultades se encuentran los altos niveles de demanda, que en determinados momentos pueden generar una saturación del sistema, los prolongados tiempos de espera en cola y las deficiencias en la integración con otros medios de transporte. Estos factores pueden afectar la calidad del servicio y disminuir la satisfacción de los usuarios, lo que resalta la necesidad de continuar con mejoras en la planificación y operación de este sistema de movilidad urbana, fundamental para Lima Metropolitana.

7. Conclusiones y recomendaciones

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es cuantificar cómo la Línea 1 del Metro de Lima y Callao ha logrado reducir los tiempos de viaje en comparación con otros medios de transporte. Para ello, se utilizó la herramienta de Google Maps para obtener datos sobre los tiempos de viaje de diversos modos de transporte como la Línea 1, los buses y los taxis. Si bien la recopilación de esta información podría hacerse de forma manual, este enfoque resulta inviable debido a la gran cantidad de estaciones, días y horarios involucrados. Por ello, se recurre al uso de herramientas automatizadas de *web scraping* que permiten realizar esta tarea de manera eficiente y sistemática.

Luego del análisis comparativo realizado se ha encontrado que, los tiempos efectivos

de viaje (sin considerar el tiempo de espera en cola) entre la Línea 1, los buses y los taxis muestra que la Línea 1 es significativamente más rápida, con un tiempo promedio de 2,82 minutos entre estaciones contiguas, en comparación con los 8,97 minutos del bus y los 4,80 minutos del taxi. Esto se traduce en un ahorro de tiempo promedio de 6,1 minutos por cada estación frente a los buses y 2,0 minutos por cada estación respecto al taxi.

Por otro lado, la Línea 1 muestra una alta estabilidad en sus tiempos efectivos de viaje, con una desviación estándar de solo 0,01 minutos, mientras que los buses y taxis muestran mayores fluctuaciones debido al tráfico y la demanda variable. Este patrón permite identificar que la Línea 1 es una alternativa altamente confiable en términos de predictibilidad del tiempo de viaje.

En cuanto a la comparación de tiempos según dirección del viaje, los tiempos de la Línea 1 prácticamente son los mismos en ambas direcciones, mientras que los buses presentan mayor variabilidad, especialmente los que van con dirección hacia la estación de Bayóvar, lo que sugiere que la congestión vehicular influye más en ciertos trayectos. El ahorro de tiempo por el uso de la Línea 1 es considerable, especialmente en comparación con los buses. La diferencia entre el promedio de tiempo de viaje entre estaciones contiguas de la Línea 1 y los buses es de 5,85 minutos hacia Villa el Salvador y 6,45 minutos hacia Bayóvar. Respecto del taxi también presenta un ahorro de tiempo, aunque menor, de 2,06 minutos hacia Villa el Salvador y 1,95 minutos hacia Bayóvar.

Por otra parte, al analizar el tiempo de viaje de la Línea 1 considerando los tiempos de espera en cola se evidencia que, en comparación con el transporte en bus, el ahorro de tiempo es significativo en las rutas frecuentes y franjas horarias analizadas, mientras que, respecto al servicio de taxi, la diferencia varía en función de la ruta y el horario. En comparación con los buses, se observa un ahorro promedio de 29,0 minutos durante el horario de la mañana (de 6:00 a 11:00 horas) y de 21,5 minutos en el horario de la tarde (de 16:00 a 20:00 horas). En relación con el servicio de taxi, la reducción de tiempo es menor, alcanzando un promedio de 3,7 minutos en la mañana; mientras en el horario de la tarde se observa que, en la mayoría de rutas, el desplazamiento en taxi resulta más rápido. Este resultado se explica principalmente por los mayores tiempos de espera en cola reportados por los usuarios en la Línea 1 durante las horas de la tarde.

Cabe resaltar que, al hacer las comparaciones entre los tiempos de viaje se ha observado que uno de los principales problemas de la Línea 1 radica en que el tiempo de espera en cola es igual o incluso superior al tiempo efectivo de viaje. Esto sugiere que, aunque la Línea 1 se presenta como la opción de transporte más rápida, su ventaja puede verse disminuida debido a las largas esperas, lo que a su vez indica que la demanda estaría superando la capacidad de oferta del servicio. En este contexto, sería necesario que las autoridades competentes evalúen alternativas para ampliar la capacidad de la Línea 1 o desarrollen proyectos de transporte complementarios que contribuyan a descongestionarla, especialmente durante las horas punta.

Desde una perspectiva económica, el ahorro de tiempo derivado del uso de la Línea 1 se traduce en beneficios económicos para los usuarios y para la sociedad en su conjunto. A partir del cálculo del valor social del tiempo (VST), se estima que el ahorro económico promedio por viaje, en comparación con el bus, oscila entre S/ 2,9 y S/ 21,5 en la mañana y entre S/ 2,1 y S/ 15,9 en la tarde, dependiendo del nivel socioeconómico de los pasajeros. A escala agregada, considerando un millón de viajes, esto representa un ahorro promedio que varía entre S/ 2,90 millones y S/21,49 millones en el horario de la mañana y entre S/ 2,15 millones y S/ 15,91 millones en el horario de la tarde. Las rutas con mayor impacto económico incluyen desde la estación de Villa El Salvador hasta la estación Gamarra, donde el ahorro máximo puede alcanzar los S/ 31,1 por viaje en la mañana y desde la estación Miguel Grau

hasta la estación Villa El Salvador, con un ahorro de hasta S/ 28,6 por viaje en la tarde.

A pesar de estos beneficios, también identifican desafíos estructurales que afectan la operatividad de la Línea 1. Entre los principales retos se encuentran la saturación del sistema en horas punta, los prolongados tiempos de espera en cola y las deficiencias en la integración con otros sistemas de transporte urbano. Estos factores pueden impactar negativamente la calidad del servicio y la experiencia de los usuarios, lo que evidencia la necesidad de continuar implementando estrategias de optimización en la planificación y gestión del sistema de transporte en Lima, con miras a garantizar su sostenibilidad y mejorar la movilidad en la ciudad.

Una de las principales limitaciones de este estudio radica en las dificultades para procesar la gran cantidad de información disponible, así como en la diversidad de rutas, horarios y direcciones de viaje. Debido a esto, se optó por calcular el valor económico únicamente para las rutas más frecuentes, con el fin de simplificar el análisis y focalizar los recursos en los trayectos de mayor relevancia. Adicionalmente, no se encontraron datos específicos sobre los tiempos de espera de los taxis en Lima Metropolitana, por lo que se recurrió a los tiempos de espera registrados en la ciudad de São Paulo, Brasil, como referencia, lo que podría generar variabilidad en los resultados obtenidos.

Existen diversas líneas de investigación que quedan pendientes para profundizar respecto de los beneficios del proyecto de la Línea 1 como la cuantificación del aumento del valor de las viviendas cercanas a las estaciones, el impulso al comercio local y la creación de nuevas oportunidades laborales. Estos aspectos no han sido abordados en la presente investigación, pero son fundamentales para entender en su totalidad el impacto económico y social de esta infraestructura de transporte. Asimismo, resultaría pertinente realizar un estudio que cuantifique de manera más precisa los tiempos de espera en cola del transporte público en general, ya que este es un factor crucial para la mejora de la eficiencia en el sistema de transporte y, por ende, en la calidad de vida de los usuarios.

A la luz de los resultados obtenidos, se recomienda continuar con la expansión proyectada del sistema de metro en Lima y Callao, en particular con las líneas 3, 4, 5 y 6. Estas nuevas líneas permitirían reducir los tiempos de viaje, al conectar las zonas periféricas con el centro de la ciudad. Considerando la elevada congestión vehicular que enfrenta Lima Metropolitana, que la ubica como una de las ciudades más congestionadas del mundo, la construcción de nuevas líneas de metro contribuiría a aliviar esta situación, reduciendo los tiempos de viaje y mejorando la movilidad urbana. La implementación de este tipo de infraestructuras beneficia a los usuarios del transporte público y también a la ciudadanía en general, ya que tienen un impacto positivo en el desarrollo urbano, la calidad del aire y otros factores importantes del bienestar de la población.

Referencias

- Aguirre, J. C. (2012). Algunos impactos generales de los contratos de concesión sobre las operaciones de las empresas operadoras de las infraestructuras de transporte y sobre los consumidores en el Perú. *Revista de Derecho Administrativo*(12), 273–284.
- Al-Salih, W. Q., y Esztergár-Kiss, D. (2021). Linking mode choice with travel behavior by using logit model based on utility function. *Sustainability*, 13(8), 4332.
- Baum-Snow, N., Kahn, M. E., y Voith, R. (2005). Effects of urban rail transit expansions: Evidence from sixteen cities, 1970-2000 [with comment]. *Brookings-Wharton papers on urban affairs*, 147–206.
- Bonifaz, J. L. (2000). Cálculo de precios sociales: el valor social del tiempo. *Universidad del Pacífico, Centro de Investigación*. Descargado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/estudios/ValorSocialTiempo.pdf (Disponible en línea)
- Bougheas, S., Demetriades, P. O., y Morgenroth, E. L. (1999). Infrastructure, transport costs and trade. *Journal of international Economics*, 47(1), 169–189.
- Brons, M., y Rietveld, P. (2008). Rail mode, access mode and station choice: The impact of travel time unreliability.
- Calmet, D., y Capurro, J. M. (2011). El tiempo es dinero: Cálculo del valor social del tiempo en lima metropolitana para usuarios de transporte urbano. *Revista Estudios Económicos*, 20, 73–86.
- Chen, Z., y Haynes, K. E. (2017). Impact of high-speed rail on regional economic disparity in China. *Journal of Transport Geography*, 65, 80–91.
- CIUP. (2012). Estimación del valor social del tiempo. *Estudio realizado por encargo de la Dirección General de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas*. Descargado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/parametros_evaluacion_social/Valor_Social_Tiempo.pdf (Instituto de la Universidad del Pacífico)
- Contreras, C., Aguilar, D., y Lázaro, J. (2024). Impacto del transporte masivo en la informalidad de vivienda: El caso de la línea 1 del metro de lima. *Argumentos*, 5(1), 5–34.
- Del Carpio, L. (2023). Impacto de las asociaciones público-privadas de infraestructura de transporte en el desarrollo económico en Perú. *Global Business Administration Journal*, 7(1), 27–46.
- Donaldson, D. (2018). Railroads of the Raj: Estimating the impact of transportation infrastructure. *American economic review*, 108(4-5), 899–934.
- Flores, A., y Chang, V. (2020). Relación entre la demanda de transporte y el crecimiento económico: Análisis dinámico mediante el uso del modelo ARDL. *Revista de Economía y Finanzas*, 43(122).
- Fu, X., y Gu, Y. (2018). Impact of a new metro line: analysis of metro passenger flow and travel time based on smart card data. *Journal of advanced transportation*, 2018(1), 9247102.
- Gao, Q.-L., Li, Q.-Q., Zhuang, Y., Yue, Y., Liu, Z.-Z., Li, S.-Q., y Sui, D. (2019). Urban commuting dynamics in response to public transit upgrades: A big data approach. *Plos one*, 14(10), e0223650.
- Golias, J. C. (2002). Analysis of traffic corridor impacts from the introduction of the new Athens Metro system. *Journal of Transport Geography*, 10(2), 91–97.
- Gwilliam, K. M. (1997). The value of time in economic evaluation of transport projects: Lessons from recent research. *World Bank (Washington DC)*.
- Haider, M., y Miller, E. J. (2000). Effects of transportation infrastructure and location on

- residential real estate values: Application of spatial autoregressive techniques. *Transportation Research Record*, 1722(1), 1–8.
- Heuermann, D. F., y Schmieder, J. F. (2019). The effect of infrastructure on worker mobility: evidence from high-speed rail expansion in Germany. *Journal of economic geography*, 19(2), 335–372.
- Insardi, A., y Lorenzo, R. O. (2020). Measuring accessibility: A big data perspective on uber service waiting times. *Revista de Administração de Empresas*, 59, 402–414.
- Khadaroo, J., y Seetanah, B. (2007). Transport infrastructure and tourism development. *Annals of tourism research*, 34(4), 1021–1032.
- Khder, M. A. (2021). Web scraping or web crawling: State of art, techniques, approaches and application. *International Journal of Advances in Soft Computing & Its Applications*, 13(3).
- Li, H., Strauss, J., Shunxiang, H., y Lui, L. (2018). Do high-speed railways lead to urban economic growth in China? a panel data study of china's cities. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 69, 70–89.
- Lin, D., Broere, W., y Cui, J. (2022). Metro systems and urban development: Impacts and implications. *Tunnelling and underground space technology*, 125, 104509.
- Ma, S., Yu, Z., y Liu, C. (2020). Nested logit joint model of travel mode and travel time choice for urban commuting Trips in xi'an, China. *Journal of Urban Planning and Development*, 146(2), 04020020.
- Ositrán. (2023). Informe de Desempeño 2023 del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1. *Informe de Desempeño*.
- Parbo, J., Nielsen, O. A., y Prato, C. G. (2018). Reducing passengers' travel time by optimising stopping patterns in a large-scale network: A case-study in the Copenhagen Region. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 197–212.
- Persson, E. (2019). *Evaluating tools and techniques for web scraping*.
- Pineda, C., y Lira, B. M. (2019). Travel time savings perception and well-being through public transport projects: The case of Metro de Santiago. *Urban Science*, 3(1), 35.
- Shi, J., Yang, L., Yang, J., y Gao, Z. (2018). Service-oriented train timetabling with collaborative passenger flow control on an oversaturated metro line: An integer linear optimization approach. *Transportation Research Part B: Methodological*, 110, 26–59.
- Singh, R., Graham, D. J., y Anderson, R. J. (2020). Quantifying the effects of passenger-level heterogeneity on transit journey times. *Data-Centric Engineering*, 1, e15.
- Šperka, A., Dedík, M., y Hrudkay, K. (2021). Transfer times improving in railway stations through the economic indicators. *Transportation Research Procedia*, 55, 260–267.
- Thrane, C. (2015). Examining tourists' long-distance transportation mode choices using a Multinomial Logit regression model. *Tourism Management Perspectives*, 15, 115–121.
- Zhao, X., Yan, X., Yu, A., y Van Hentenryck, P. (2020). Prediction and behavioral analysis of travel mode choice: A comparison of machine learning and logit models. *Travel behaviour and society*, 20, 22–35.

A. Anexos

A.1. Revisión de literatura internacional

APP sobre rieles

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Golias (2002)	Este documento se concentra en evaluar los impactos de la construcción del Metro en Atenas.	Usuarios del transporte en los corredores de tráfico de Atenas, Grecia.	Datos transversales: 4200 cuestionarios de encuestas de preferencias reveladas.	Variable categórica de modo de transporte.	- Tiempo de viaje. - Costo de viaje.	MLA	La demanda de uso del automóvil es bastante inelástica (con respecto al costo y tiempo de viaje). Los usuarios del transporte público de Atenas son más sensibles a los cambios en el costo que en el tiempo de viaje. Los aumentos en el tiempo de viaje y el costo del automóvil aumentan la demanda del metro, pero no para el autobús.
Baum-Snow et al. (2005)	Evaluar el impacto de las expansiones de sistemas de transporte ferroviario urbano en el uso del transporte público, la elección del modo de viaje y los tiempos de viaje de los usuarios.	Ciudades de Estados Unidos	Datos de panel: para 16 ciudades de 1970 a 2000.	Uso del transporte público (participación).	- Distancia al distrito central (en <i>dummy</i> para algunas estimaciones). - Distancia a una línea ferroviaria.	DID	A pesar de las grandes inversiones en el tránsito ferroviario urbano entre 1970 y 2000, las expansiones no lograron aumentar significativamente el uso del transporte público, cuyo porcentaje en el total de desplazamientos disminuyó durante ese período.
Brons y Rietveld (2008)	Determinar el impacto de la falta de confiabilidad en los tiempos de viaje en el comportamiento de elección de los pasajeros de tren.	Áreas poscódigo de Holanda.	Datos transversales: 1440 áreas poscódigo.	Variable categórica de modo de transporte.	- Tiempo de viaje. - Dimensión del retraso y puntualidad.	MLB y MLA	Mejorar la confiabilidad del tiempo de viaje en un 10 % podría aumentar significativamente el uso del tren y reducir el uso de modos de acceso no sostenibles como el automóvil.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, E/A es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Thrane (2015)	Analizar las elecciones de modo de transporte de los turistas noruegos en viajes de larga distancia, considerando tres opciones: automóvil privado, transporte aéreo y otros medios de transporte público.	Turistas noruegos. 1/	Corte transversal: 2139 turistas en marzo y abril de 2009	Variable categórica de modo de transporte.	- Tiempo de viaje (en horas). - Distancia de viaje.	MNL	Los turistas que viajan más de 400 km prefieren el transporte aéreo sobre el automóvil privado o público. Asimismo, el autor encontró que la relación entre tiempo de viaje y elección de transporte no es lineal, con un cambio significativo a favor del transporte aéreo al superar los 400 km de distancia.
Chen y Haynes (2017)	Medir el impacto del tren de alta velocidad (HSR) en la disparidad económica regional de China.	Regiones de China	Datos de panel: 22 regiones de 2000 a 2014.	- PIB per cápita. - Índice de Theil - Índice de Gini.	- Nivel de capital físico. - Dotaciones de infraestructura ferroviaria. - Indicador de accesibilidad (tiempo de viaje).	Panel con EF y EA	El HSR ha contribuido a cerrar brechas entre regiones ricas y pobres, con un efecto más notable en el centro y el oeste de China. La mejora en el indicador de accesibilidad (tiempo de viaje) ha contribuido a una reducción en la desigualdad económica regional a nivel nacional en China.
Donaldson (2018)	Investigar el impacto de la red ferroviaria de la India utilizando datos de archivo de la India colonial.	Distritos de la India.	Panel de datos: 235 distritos para los años 1870 a 1930.	- Precio de la sal. - Valor de exportaciones real agrícola.	- Distancia de la ruta de menor costo. <i>Dummy</i> que es 1 cuando el ferrocarril es construido en el distrito	MCO	Los ferrocarriles disminuyeron los costos comerciales, lo que a su vez hizo aumentar el comercio interregional e internacional y generando mayores niveles de ingreso real.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.
1/ El estudio considera a los miembros de hogares noruegos que habían estado fuera de casa por motivos de vacaciones dentro de Noruega durante al menos una noche.

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Fu y Gu (2018)	Analizar el impacto de la implementación de una nueva línea de metro en los cambios en el flujo de pasajeros del metro y el tiempo de viaje.	Viajes individuales realizados en el metro de Nanjing.	Datos transversales: de los viajes realizados durante 2 meses (enero y febrero de 2017).	- Flujo de pasajeros. - Tiempos de viaje.	N. A.	Análisis estadístico y descriptivo	La apertura de la nueva línea de metro impactó el flujo de pasajeros, en el tiempo de viaje y en la confiabilidad en el tiempo de viaje de manera diferenciada según el grupo de viajeros analizado.
Li et al. (2018)	Investigar el impacto de los ferrocarriles de alta velocidad (HSR) en la actividad económica de 200 ciudades chinas utilizando un nuevo conjunto de datos del 2007 al 2014.	Ciudades chinas.	Panel de datos: 226 ciudades para los años de 2007 a 2014.	- Medida de accesibilidad de ciudad. - PIB per cápita. - PIB per cápita. 2/		Causalidad Granger	Los aumentos en la accesibilidad conducen a aumentos significativos y relativamente grandes en el crecimiento económico a nivel de la ciudad.
Parbo et al. (2018)	Formular el problema de salto de parada como un problema de optimización de dos niveles. A través del cual permita encontrar un equilibrio entre el aumento del tiempo de espera de los pasajeros y la disminución del tiempo de viaje de los usuarios.	Rutas del sistema de ferrocarriles suburbanos de Copenhagen, Dinamarca.	Corte transversal: distintas rutas.	Costo generalizado de viaje.	- Patrones de parada (<i>skip-stop patterns</i>). - Comportamiento de los pasajeros. - Frecuencia de trenes. - Tiempos de espera.	Problema de optimización de dos niveles	La reducción del tiempo de viaje en el vehículo de los pasajeros del tren fue del 5.5 %, la reducción del coste generalizado del viaje de los pasajeros fue del 3.2 %.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.

2/ Los autores emplean una metodología para determinar la causalidad estadística. Por ello, utilizan estas variables como dependiente y explicativa al mismo tiempo.

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Gao et al. (2019)	Demostrar cuál es la influencia de las mejoras en las líneas ferroviarias en los patrones de desplazamiento.	Zonas de análisis de tráfico.	Panel de datos: 491 zonas para los periodos de 5-11 de enero de 2015 y de 22-28 noviembre de 2016.	Tiempo de desplazamiento desde la zona residencial hasta el centro de labores.	<i>Dummy</i> que toma 1 si está a menos de 2 km y 0 en otro caso.	DID	Las mejoras en las líneas ferroviarias permitieron un mayor acceso a centros laborales y una reducción en el tiempo de desplazamiento hacia dichos centros.
Heuermann y Schmieder (2019)	Emplear la expansión de la red ferroviaria de alta velocidad en Alemania como un experimento natural para examinar el efecto causal de las reducciones en el tiempo de desplazamiento entre regiones.	Regiones alemanas.	Panel de datos: 352 regiones para los años de 1999 a 2010.	Número de viajeros.	Duración del viaje. 3/	VI	La reducción del tiempo de viaje del 1 % aumenta el número de viajeros entre regiones en un 0,25 %. Los resultados indican que los beneficios de las inversiones en infraestructura ferroviaria se concentran en particular en las regiones periféricas.
Pineda y Lira (2019)	Verificar si la implementación de la nueva línea de Metro de Santiago efectivamente redujo el tiempo de viaje y recoger la percepción de los usuarios sobre el ahorro en el tiempo de viaje.	Viajes de la Línea 6 del Metro de Santiago (Chile).	Datos transversales: 2986 viajes en los años 2017 y 2018.	Bienestar subjetivo y satisfacción con el viaje.	Percepción del tiempo de viaje.	Análisis costo - beneficio y CFA	Se concluyó que se ahorró en el tiempo de viaje para aquellos usuarios que tienen el mismo origen y destino. Los tiempos de viaje disminuyeron en un 14 % en viajes comparables después del lanzamiento de la Línea 6.

Nota: N. A. es no aplica, MIA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.
3/ Emplean como instrumento la expansión de la red ferroviaria de alta velocidad.

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Zhao et al. (2020)	Abordar la falta de comparación integral entre modelos logit y aprendizaje automático, cubriendo tanto la precisión predictiva como el análisis conductual.	Personas de Michigan, Estados Unidos.	Corte transversal: 1163 personas en 2018.	Variable categórica de modo de transporte.	- Tiempo de viaje (minutos). - Tiempo de espera para transporte público.	Modelos de aprendizaje automatizado, MLA y MLM.	Un aumento del 10 % en el tiempo de viaje reduce en un 4,2 % la probabilidad de elegir el transporte público y en un 3,6 % la probabilidad de optar por el automóvil privado.
Ma et al. (2020)	Investigar el comportamiento conjunto de elección de los viajeros en relación con el tiempo de desplazamiento y el modo de transporte, considerando factores como características socioeconómicas, del hogar y del viaje.	Viajes en China.	Corte transversal: 2967 viajes en 2011.	Variable categórica de modo de transporte.	- Tiempo de viaje (minutos). - Distancia.	MLA	Los viajeros seleccionan su modo de transporte según el tiempo de viaje, lo que hace que este modelo sea útil para predecir sus decisiones. El tiempo de viaje tiene un impacto negativo en opciones como caminar, ir en bicicleta, tomar el autobús o taxi. Además, los empleados públicos, personal médico, maestros y técnicos son más sensibles a este factor que otros viajeros.
Singh et al. (2020)	Cuantificar la variación en los tiempos de viaje de los usuarios del Metro de Londres que se deben al comportamiento individual y heterogeneidad.	Pasajeros del sistema del Metro de Londres.	Datos panel: 8000 pasajeros de una misma ruta por 35 días.	Medida de tiempo de viaje.	- Velocidades de tren. - Indicadores de demanda de pasajeros. - Coefficiente de variación (COV) de avance.	Panel con EF	Las características operativas y de demanda explican el 96 % de la variación en los tiempos de viaje. Siendo la velocidad el principal factor predominante.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Al-Salih Esztergár-Kiss (2021)	Analizar la interacción entre la elección del modo de transporte y el comportamiento de viaje de un individuo, identificando las variables más influyentes.	Viajes realizados en Hungría.	Corte transversal: 1889 viajes en 2014.	Variable categórica de modo de transporte.	- Tiempo de viaje (minutos). - Distancia del viaje.	MNL y MLA	La variable de distancia del viaje fue la más estadísticamente significativa, seguida de tiempo de viaje y propósito de la actividad. El estudio indica que estos parámetros deben considerarse principalmente al elaborar modelos de tráfico urbano y planes de viaje.
Šperka et al. (2021)	Analizar y proponer puntos de mejora con respecto a los tiempos de transferencia en las estaciones de la red ŽSR en Eslovaquia. Mediante estas mejoras se busca reducir los tiempos de viaje y los costos asociados de los usuarios.	Estaciones de la red ferroviaria ŽSR.	Serie de tiempo: 1994 a 2021	Valor monetario del tiempo de viaje.	N. A.	Análisis estadístico y descriptivo	La reducción de los tiempos de viaje disminuye las pérdidas de tiempo y las pérdidas financieras para los empleados y los empleadores. En última instancia eso mejora la economía local.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es propensity score matching.

A.2. APP sobre rieles

Revisión de literatura nacional

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Aguirre (2012)	Presentar algunos de los efectos ocasionados por las infraestructuras de transporte que cuentan con contratos de concesión supervisados y regulados por el Ositrán.	Terminales portuarios concesionados en Perú.	Serie de tiempo: datos po: 1998-2010.	N. A.	N. A.	Indicadores de desempeño	Identifica los impactos que estos contratos tienen en áreas como el crecimiento económico, la desigualdad y la pobreza, resaltando, además, la importancia del papel que desempeña el regulador del transporte en esta labor.
Flores y Chang (2020)	Examinar la conexión y evaluar el efecto entre la demanda de transporte concesionada y el crecimiento económico en el Perú.	Perú	Serie de tiempo: datos trimestrales del 2000-I al 2017-II.	■ Pasajeros movilizados. ■ PIB per cápita. 1/	■ Pasajeros movilizados. ■ PIB per cápita. 1/	ARDL	El PIB impulsa el crecimiento del número de pasajeros ferroviarios. En particular, se estima que ante un incremento del 1 % en el PIB la demanda de pasajeros ferroviarios se incrementa en 0,571 %.
Del Carpio (2023)	Analizar el impacto de las inversiones en Asociaciones Público-Privadas (APP) para la infraestructura de transporte en el desarrollo económico del Perú.	Regiones del Perú.	Panel de datos: 24 obs. para los años 2008 al 2021.	■ PIB e ingresos. ■ VDE	■ Stock de capital ferroviario.	Panel de integración y causalidad Granger.	Un incremento del 1 % en la inversión en infraestructura ferroviaria concesionada genera un incremento del 0,08 % en el desarrollo económico regional.
Contreras et al. (2024)	Medir el impacto de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao sobre la informalidad de las viviendas aledañas a las estaciones.	Viviendas ubicadas en Lima Metropolitana.	Datos de panel: para 11 741 viviendas de 2007 a 2019.	■ Informalidad de la vivienda (título de propiedad).	■ <i>Dummy</i> que toma 1 para las viviendas a menos de 1 km de distancia y 0 en otro caso.	DID	La Línea 1 del Metro tuvo un impacto positivo en la reducción de la informalidad de la vivienda en las zonas que se encuentran aledañas a sus estaciones.

Nota: N. A. es no aplica, ARDL es modelo autorregresivo de rezagos distribuidos, VDE es variables de desarrollo económico, DID es diferencias en diferencias.
1/ Los autores emplean una metodología para determinar causalidad estadística. Por ello, utilizan esta variable como dependiente y explicativa al mismo tiempo.

A.3. Desarrollo de una biblioteca de *web scraping* para la extracción de datos de Google Maps

A.3.1. Función de extracción de datos para cada lista de URL

```
from selenium import webdriver
from selenium.webdriver.chrome.service import Service
from selenium.webdriver.chrome.options import Options
from webdriver_manager.chrome import ChromeDriverManager
from selenium.webdriver.common.by import By
from selenium.webdriver.support.ui import WebDriverWait
from selenium.webdriver.support import expected_conditions as EC
import pandas as pd
import concurrent.futures
from datetime import datetime

def extract_data_from_url(url):
    chrome_options = Options()
    chrome_options.add_argument("--headless")
    chrome_options.add_argument("--disable-gpu")
    chrome_options.add_argument("--no-sandbox")
    chrome_options.add_argument("--disable-images")
    chrome_options.add_argument("--disable-extensions")
    chrome_options.add_argument("--disable-dev-shm-usage")
    chrome_options.add_argument("--log-level=3")

    service = Service(ChromeDriverManager().install())
    driver = webdriver.Chrome(service=service, options=chrome_options)

    data = {}

    try:
        driver.get(url)

        WebDriverWait(driver,
            ↳ 10).until(EC.presence_of_all_elements_located((By.CLASS_NAME,
            ↳ 'Fk3sm'))))

        tiempos_divs = driver.find_elements(By.CLASS_NAME, 'Fk3sm')
        tiempos = [div.text for div in tiempos_divs if div.text]
        tiempos_str = '; '.join(tiempos) if tiempos else 'No encontrado'

        try:
            partes_url = url.split('/')
            punto_inicio = partes_url[5].replace('+', ' ').split(',')[0]
            punto_llegada = partes_url[6].replace('+', ' ').split(',')[0]
        except IndexError:
            punto_inicio = 'No encontrado'
            punto_llegada = 'No encontrado'

        data = {
            'Lugar de Inicio': punto_inicio,
            'Lugar de Llegada': punto_llegada,
            'Tiempos de Viaje': tiempos_str
        }
    }
```

```

except Exception as e:
    print(f"Error al procesar la URL {url}: {e}")

finally:
    driver.quit()

return data

```

A.3.2. Función de extracción de datos para cada lista de URL

```

import concurrent.futures
import pandas as pd
from datetime import datetime

def public_train(urls, output_file='ruta_public_train.csv'):
    current_date = datetime.now().strftime("%d.%m.%Y_%H.%M")

    output_file_with_date = f"{output_file.split('.')[0]}_{current_date}.csv"

    with concurrent.futures.ThreadPoolExecutor(max_workers=8) as executor:
        results = list(executor.map(extract_data_from_url, urls))

    df = pd.DataFrame(results)

    df.to_csv(output_file_with_date, index=False)

    print(df)

import concurrent.futures
import pandas as pd
from datetime import datetime

def car_travel(urls, output_file='car_travel.csv'):
    current_date = datetime.now().strftime("%d.%m.%Y_%H.%M")

    output_file_with_date = f"{output_file.split('.')[0]}_{current_date}.csv"

    with concurrent.futures.ThreadPoolExecutor(max_workers=8) as executor:
        results = list(executor.map(extract_data_from_url, urls))

    df = pd.DataFrame(results)

    df.to_csv(output_file_with_date, index=False)

    print(df)

```

A.4. Ejecución y automatización de funciones en Jupyter Notebook

```
%pip install selenium webdriver_manager pandas keyboard schedule
from selenium import webdriver
from selenium.webdriver.chrome.service import Service
from selenium.webdriver.chrome.options import Options
from webdriver_manager.chrome import ChromeDriverManager
from selenium.webdriver.common.by import By
from selenium.webdriver.support.ui import WebDriverWait
from selenium.webdriver.support import expected_conditions as EC
import pandas as pd

##### 1ST CELL #####

from public_transport import public_train
from public_transport import car_travel

##### 2nd CELL #####

car_list = [ " links(urls de tramos estación a estación)" ]
public_list = [ " links(urls de tramos estación a estación)" ]

##### 3rd CELL #####

public_train(public_list)

##### 4th CELL #####

car_travel(car_list)

##### 5th CELL #####

import time
import threading

stop_event = threading.Event()

def run_functions_in_sequence(interval_minutes):
    try:
        while not stop_event.is_set(): # Comprobar si el evento ha sido
            ↪ establecido
                public_train(public_list)

                car_travel(car_list)

                time.sleep(interval_minutes * 60)
    except KeyboardInterrupt:
        print("Ejecución interrumpida por el usuario.")

interval_minutes = 10 # Por ejemplo, 2 minutos entre cada ciclo

thread = threading.Thread(target=run_functions_in_sequence,
    ↪ args=(interval_minutes,))
```

- A.5. Do-file empleado para calcular el tiempo de espera en cola que afrontan los usuarios de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao a partir de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de los Usuarios 2023 del Ositrán

```
cd "dirección de carpeta de trabajo"

use "BD NSU L1 2023.dta", clear

gen mañana = 1 if p11d >= 6 & p11d <= 11
replace mañana = 0 if mañana ==.

gen tarde = 1 if p11d >= 16 & p11d <= 20
replace tarde = 0 if tarde ==.

table p11b mañana, c(mean p11c)
table p11b tarde, c(mean p11c)
```

- A.6. Do-file empleado para calcular el ingreso mensual bruto por persona, las horas trabajadas y los intervalos que componen los NSE

```
cd "dirección de la carpeta de trabajo"
use enaho01a-2023-500.dta, clear

* Calcular las horas totales trabajadas mensual, porque viene semanal
↳ (principal + secundaria)
gen horas_totales = (i513t + i518)*4

* Etiquetar la variable
label var horas_totales "Horas totales trabajadas por persona"

save modulo_500-2023_merge.dta, replace
*****

* Cargar el Módulo Sumaria
use "sumaria-2023.dta", clear

* Seleccionar las variables necesarias: conglome, vivienda y mieperho
keep conglome vivienda hogar mieperho ingmo1hd inghog1d factor07
save sumaria-2023_merge.dta, replace

*****

* Combinar el Mdulo 500 con el Mdulo Sumaria usando conglome, vivienda y hogar
↳ como identificadores
use modulo_500-2023_merge.dta, clear
merge m:1 conglome vivienda hogar using sumaria-2023_merge.dta

* Verificar que el merge se haya realizado correctamente
tab _merge
keep if _merge == 3 // Conservar solo las observaciones que coinciden en
↳ ambos mdulos
```

```
save data_merged_2023.dta, replace
*****

use data_merged_2023.dta, clear

* Ingreso Bruto Mensual Percápita
gen ing_brut_per_cap = (inghog1d / mieperho)/12

save data_probar_2.dta, replace

* Umbrales ajustados para que queden como el informe de APEM & IPSOS
*****

use data_probar_2.dta, clear

gen nivel_socioeconomico = ""
replace nivel_socioeconomico = "A" if ing_brut_per_cap >= 10000 //estos
replace nivel_socioeconomico = "B" if ing_brut_per_cap >= 5000 &
↳ ing_brut_per_cap < 10000 //estos
replace nivel_socioeconomico = "C" if ing_brut_per_cap >= 3000 &
↳ ing_brut_per_cap < 5000 //estos
replace nivel_socioeconomico = "D" if ing_brut_per_cap >= 2200 &
↳ ing_brut_per_cap < 3000 //estos
replace nivel_socioeconomico = "E" if ing_brut_per_cap >= 1700 &
↳ ing_brut_per_cap < 2200 //estos

keep if ocu500 == 1 & ing_brut_per_cap > 0

table nivel_socioeconomico [iw=fac500a] if dominio == 8, c(mean
↳ ing_brut_per_cap) row center
table nivel_socioeconomico [iw=fac500a] if dominio == 8, c(mean horas_totales)
↳ row center
```

A.7. Abreviaturas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

N.º	Estación	Abreviatura
1	Villa El Salvador	VES
2	Parque Industrial	PIN
3	Pumacahua	PUM
4	Villa María	VMA
5	María Auxiliadora	MAU
6	San Juan	SJU
7	Atocongo	ATO
8	Jorge Chávez	JCH
9	Ayacucho	AYA
10	Cabitos	CAB
11	Angamos	ANG
12	San Borja Sur	SBS
13	La Cultura	CUL
14	Nicolás Arriola	NAR
15	Gamarra	GAM
16	Miguel Grau	MIG
17	El Ángel	ELA
18	Presbítero Maestro	PRE
19	Caja de Agua	CAA
20	Pirámide del Sol	PIR
21	Los Jardines	JAR
22	Los Postes	POS
23	San Carlos	SCA
24	San Martín	SMA
25	Santa Rosa	SRO
26	Bayóvar	BAY

PRO INVERSIÓN

PRO INVERSIÓN

Av. Enrique Canaval y Moreyra 150
Piso 9, San Isidro
Lima 27 / PERÚ
T: +51 1 200 1200



www.investinperu.pe



RED
APP

Red de Evaluación y Buenas Prácticas en
Asociaciones Público-Privadas