

DOCUMENTO DE TRABAJO N°2

Julio 2024

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

La Agencia de Promoción de la Inversión Privada no se responsabiliza por los comentarios y/o afirmaciones que el presente documento contenga. La presente investigación tiene como finalidad contribuir a la discusión desde un punto de vista académico y no de crítica. Las opiniones y estimaciones representan el juicio de los autores, están sujetos a modificación sin previo aviso y no implican, necesariamente, una posición institucional de ProInversión. La investigación desarrollada se basa en información pública disponible, por lo cual no puede ser empleada como medio probatorio dentro de cualquier tipo de controversia.

Documento de Trabajo N.º2:

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

Editado por Agencia de Promoción de la Inversión Privada - ProInversión
Av. Canaval y Moreyra N.º 150 piso 9. San Isidro, Lima, Perú

Director ejecutivo:

José Antonio Salardi Rodríguez

Coordinador de la Unidad de Análisis de Datos, Investigación e Inteligencia Estratégica:

Raúl Lizardo García Carpio

Autor:

Julio César Aguirre Montoya^{1 2}

Coordinación editorial:

Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional de ProInversión

Primera edición digital:

Julio de 2024

Está permitida la reproducción total o parcial de este documento por cualquier medio, siempre y cuando se cite la fuente y los autores.

Citar el documento como: Aguirre, J. (2024). 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. *Documento de Trabajo N.º 2, Unidad de Análisis de Datos, Investigación e Inteligencia Estratégica – ProInversión, Perú.*

Para comentarios o sugerencias escribir al siguiente correo electrónico:

estudioeconomicos@proinversion.gob.pe

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2024-

Publicación digital disponible en: <https://www.investinperu.pe/es/pi/publicaciones-digitales>

ISSN: 3028-9556 (En línea)

¹ Profesor asociado, Universidad del Pacífico, aguirre_jc@up.edu.pe. El autor agradece la asistencia de Carlos Huerta, los comentarios del profesor José Luis Bonifaz y las sugerencias del profesor Stanislao Maldonado. Asimismo, agradece los comentarios de funcionarios de la Unidad de Análisis de Datos, Investigación e Inteligencia Estratégica de ProInversión, realizados en una presentación de una versión preliminar de este trabajo.

² El documento ha sido elaborado en base al servicio de consultoría para el diagnóstico y la evaluación de impacto de los proyectos de infraestructura vial promovidos por ProInversión. Revisión por pares en proceso.

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 las personas, tales como: empleo, educación, salud, tenencia de activos y siniestralidad. De acuerdo con las estimaciones realizadas, bajo el método de variables instrumentales, la concesión de la carretera Buenos Aires-Canchaque ha tenido, en general, un impacto favorable en el bienestar de las personas en su zona de ámbito. 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.

1. Introducción

La infraestructura de transporte impacta en la economía tanto a nivel micro como macroeconómico. Los resultados más comunes de las intervenciones por parte de los gobiernos en materia de transporte se presentan sobre 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.

En países en desarrollo como el Perú, 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. 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, a través del mecanismo de asociaciones público-privadas, ha habido un despliegue de infraestructura de carreteras de importancia nacional como parte de un programa de concesiones, con el objetivo de promover la participación de la inversión privada en el desarrollo de infraestructura de transporte (portuaria, aeroportuaria, ferrovías y red vial). Así, desde principios de la década del 2000 hasta la fecha, se ha concesionado un total de 16 proyectos (los cuales 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.

Por su parte, luego de una revisión de literatura previa en materia de evaluaciones de impacto en el sector del transporte vial, así como de información administrativa (estadísticas) disponible de índole socioeconómico en entidades públicas oficiales del país tales como el Instituto Nacional de 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 Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque en calidad de vivienda, ingresos del hogar, educación y empleo; así como del impacto sobre siniestralidad (choques, heridos y fallecidos) de (ii) la concesión 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.

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 formulación 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

El programa de concesiones 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).

En cuanto a la Red Vial, actualmente se encuentran en concesión 16 proyectos, los cuales se describen brevemente en el Cuadro 1, considerándolos en estado de “Ejecución”.

Los proyectos con mayor extensión vial son IIRSA Norte, Longitudinal de la Sierra Tramo 2, IIRSA Sur Tramo 5 e IIRSA Sur Tramo 1, con un recorridos de 955,1 km, 875,1 km, 854,6 km y 757,6 km, respectivamente. De estos, IRSA Norte e IRSA Sur Tramo 1 son las carreteras que conectan más regiones: IRSA Norte conecta 5 (Loreto, San Martín, Amazonas, Lambayeque y Piura) e IRSA 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 y Nuevo Mocupe-Cayaltí-Oyotún, con menos de 100 km de recorrido.

Asimismo, de los 16 proyectos, 10 han sido concesionados bajo la modalidad cofinanciada y 6 han sido concesionados bajo la modalidad autosostenible, respectivamente.

Estos 16 proyectos 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).

Por otro lado, existen dos proyectos en cartera de ProInversión que están pensados para ser implementados bajo la modalidad cofinanciada. El primero de ellos, actualmente en estructuración, es el proyecto Anillo Vial Periférico, de 33,2 km y una inversión proyectada de USD 2800 millones, a desarrollarse en la Provincia Constitucional del Callao. El otro proyecto, actualmente en transacción, es la Longitudinal de la Selva Tramo 4; Huanzayo-Izcuchaca-Mayocc-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.

Cuadro 1: Proyectos de infraestructura vial promovidos por ProInversión en el marco de las APP, que actualmente se encuentran en formulación 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	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	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	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	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	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	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	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	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	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)

N.º	Proyecto	Estado	Empresa concesionaria	Plazo (años)	Modalidad	Región	Tramos	Recorrido (km)	Monto de inversión (millones de USD) con IGV	
									Comprometido	Ejecutado*
10	Red Vial N.º 6: Puente Pucusana-Cerro Azul-Ica	Ejecución	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 Pampa Clarita-Chincha Alta Chincha Alta-Emp. San Andrés Emp. San Andrés-Guadalupe	221,7	258,8	100 %
11	IIRSA Sur Tramo 1: San Juan de Marcona-Urcos	Ejecución	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	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	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-Alegría Alegría-Iberia Iberia-Iñapari	403,20	687,4	92,5 % (636,1)
14	IIRSA Sur Tramo 4: Inambari-Azángaro	Ejecución	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	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	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	Estructuración	-	-	Cofinanciada	Callao Lima	Óvalo 200 millas-Av. Canta Callao/Av. Naranjal Av. Naranjal-Panamericana Norte	33,2	2808.8	-

N.º	Proyecto	Estado	Empresa concesionaria	Plazo (años)	Modalidad	Región	Tramos	Recorrido (km)	Monto de inversión (millones de USD) con IGV	
									Comprometido	Ejecutado*
							Panamericana Norte-Próceres de la Independencia 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; Huanzayo-Izcuchaca-Mayocc-Ayacucho-Andahuaylas-Puente Sahuinto	Transacción	-	25	Cofinanciada	Apurímac Ayacucho Huancavelica Ica Junín	Mayoc-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 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 utilidad, sino indirectamente a través del acceso a las oportunidades de consumo que permite. Además, 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 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 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 tienen en consideración los elementos mencionados párrafos previos. Asimismo, en el cuadro 4 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 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.

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; lo cual implica que 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, el cual les permitió emplear los rezagos de las diferencias de los regresores exógenos (superficie agrícola, población económicamente activa educada, capital regional, potencia eléctrica instalada, número de líneas en servicio y densidad vial) y de la variable dependiente como instrumentos internos. 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) 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 las 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 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) llevaron a cabo un estudio similar. Utilizaron un método cuantitativo (encuestas pre- y posintervención) 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 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 la MSA, 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 para ambas autopistas mostraron que estas aumentaron el valor de las casas en las áreas residenciales tratadas en aproximadamente el 2,5 % al 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 construye 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 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 en 8-10 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) cuantifican 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 4: Resumen de estudios de infraestructura de transporte

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 y 2018	Negativo
Aguirre et al. (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, 3) insumo). Diversificación	Anual	2012	Positivo
Baum-Snow	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 et al. (2014)	Efecto de autopistas interestatales sobre el comercio.	EE. UU.	TOLS	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, 1970-71, 1977-78, 1987, 1996-98 y 2006-07	Positivo
Herrera et al. (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.	Morocco	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 segmento de carretera mejorado.	Precio de las casas	Anual	2000-2007	Positivo
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

Autor	Objetivo	Contexto	Método	Variables		Datos		Impacto
				Independiente	Dependiente	Frecuencia	Periodo	
	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 et al. (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
Vásquez y Bendezú (2008)	Rol de la infraestructura vial sobre el crecimiento económico regional	Perú	GMM	Densidad vial	PBI regional	Quinquenio	1970-2000	Positivo
Won et al. (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 y 2014	Positivo
Yu et al. (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 y 2017	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, porcentaje 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).

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 de ese entonces, Concesión Canchaque³, 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)⁴.

³ 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.

⁴ 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)⁵, Plan de Negocios año 2013 de Canchaque

4.1.2. Metodología de estimación

4.1.2.1. Estrategia empírica

Como ya se ha visto, el 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:

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

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 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 podrían volverse positivos

⁵ Ositrán (2015). Informe de Desempeño 2015. Concesión Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque. Gerencia de Regulación y Estudios Económicos. Lima-Perú.

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. τ_j y ϕ_p representa efectos fijos por distrito y provincia, respectivamente. Adicionalmente, existe la Red Vial Nacional, en el área de estudio, por lo que incluye la proximidad desde la manzana a esta red a través de una variable de distancia euclidiana.

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 el contrato), 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, se espera que para el año 2017, los mismos presenten una mayor magnitud (en valor absoluto).

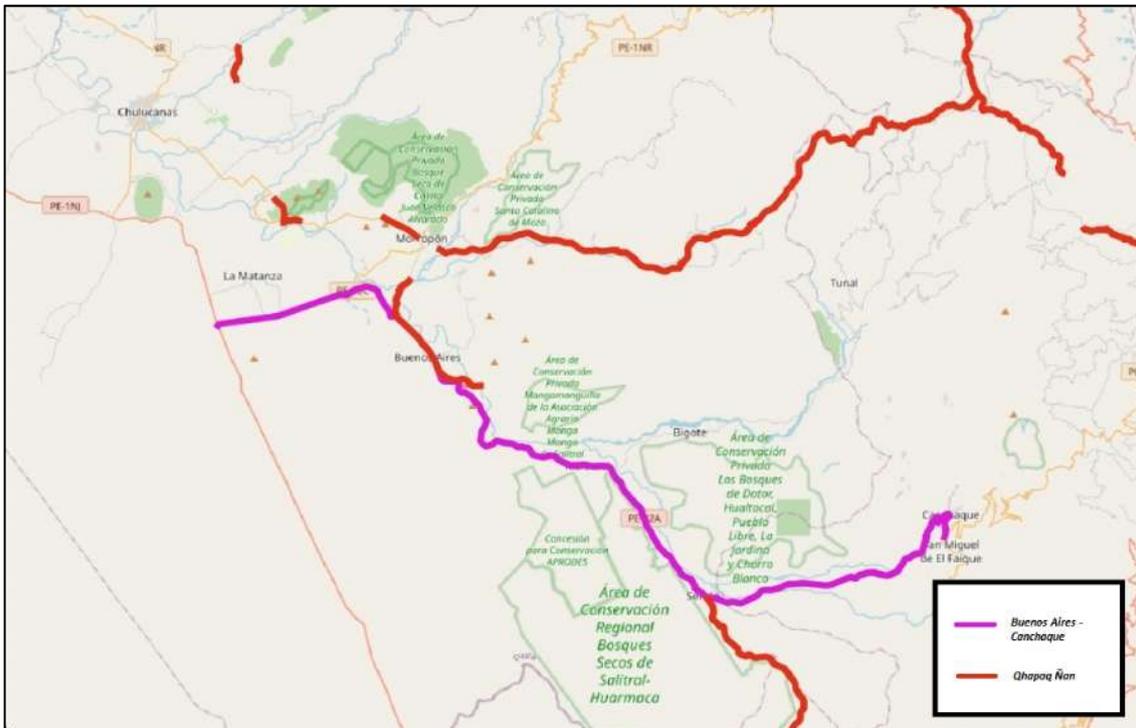
Como fue mencionado, la endogeneidad suele ser un obstáculo en este tipo de evaluaciones. Ciertamente, cualquier esfuerzo de evaluación de impacto debe abordar dicho problema que surge de la elección selectiva del trazo de las vías (Aguirre et al., 2018): si la asignación de los caminos en un espacio 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. Sin embargo, 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, exigen la adopción de estrategias econométricas que lidien con este problema.

Para fines de este estudio, se recurrió al método de variables instrumentales, que explotan como fuentes de exogeneidad los trazos potenciales de distancias entre dos puntos. Faber (2013), Banerjee et al. (2012), Martincus et al. (2013) proveen un 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 ésta afecta las variables de resultados actuales solo a través de su correlación con la asignación espacial de nuevas carreteras.

Visualmente, el mapa 2 muestra el trazo del Qhapac Ñan en el que dicho trazo 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 provee suficiente variabilidad exógena para proveer un efecto causal sobre alguna variable de resultado de interés. En ese sentido, solo sería necesario una estimación

MCO (mínimos cuadrados ordinarios) de la ecuación anterior para el año 2017 (es decir, después de que la carretera está en operación).

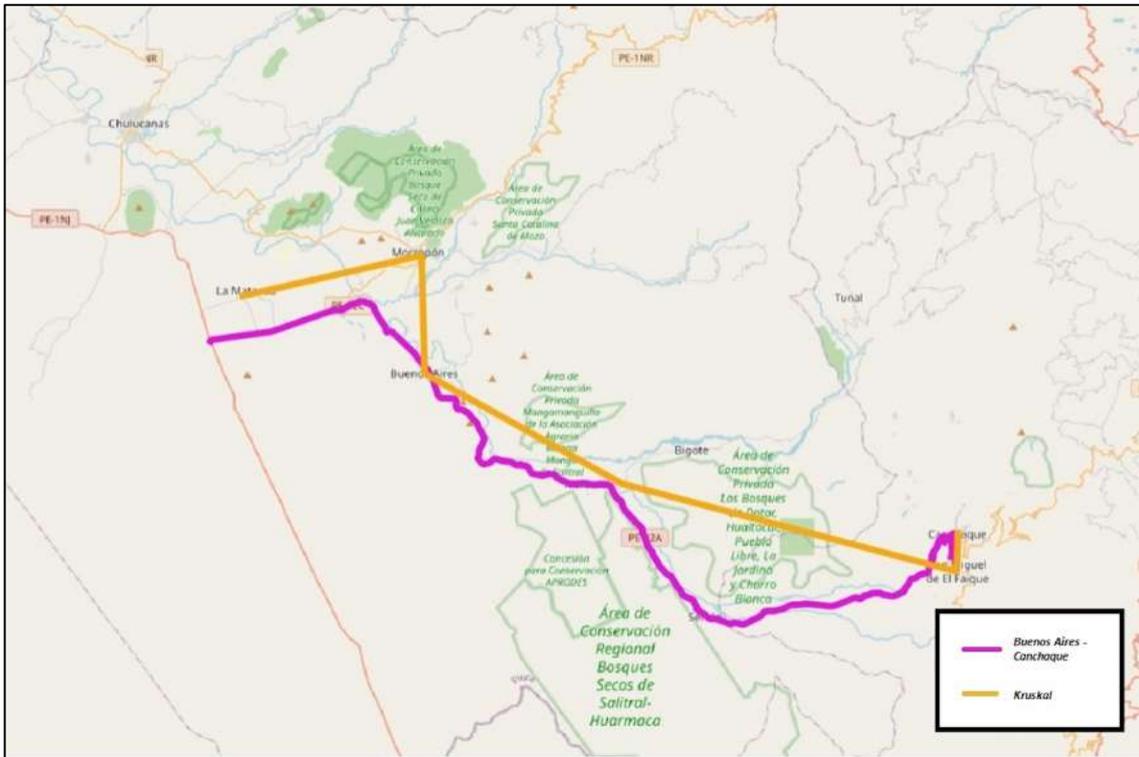
Mapa 2: Representación del Qhapac Ñan en el Ámbito de la Concesión del Proyecto Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque



Elaboración propia

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

$$\begin{aligned} \ln(\text{Distancia a carretera}_{ij}) & & (2) \\ &= \varrho + \zeta \ln(\text{Distancia a Kruskal}_{ij}) + X'_{ij}\vartheta + \tau_j \\ &+ \phi_p + \mu_{ij} \end{aligned}$$

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

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

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

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 agrícola es mediante la dotación de infraestructura vial. Este segundo supuesto es de identificación, por lo cual no puede ser testeado directamente. Sin embargo, podría ser violado 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.

4.1.2.2. Data y variables

Las variables de desarrollo consideradas son el porcentaje de hogares de buena calidad (es decir, que sus 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)⁶, 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 Jumes 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 5 presenta la estadística descriptiva de las variables consideradas para la estimación por MCO inicial y la estimación por IV subsiguiente.

⁵ 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.

Cuadro 5: 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
	Número de personas.	41,246	43,723	1	404	2598
% de población cuyo idioma nativo es español.	0,995	0,04	0	1	2598	
2017	% 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
	% 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

4.1.3. 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 6, 7, 8, 9, 10 y 11 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 6 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 (4) del mismo cuadro, se observa que las magnitudes de los coeficientes en el 2017 se mantienen estadísticamente significativos. Luego, cuando se consideran los efectos fijos por provincia y distrito, a pesar de que en las especificaciones (3) y (4), 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 6: Estimación MCO para índice de tenencia de activos

Explicativas	2007			2017		
	(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

Explicativas	2007			2017		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
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 7 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 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 de provincia y distrito, dichos coeficientes dejan de ser estadísticamente significativos.

Cuadro 7: Estimación MCO para porcentaje de hogares de buena calidad

Explicativas	2007			2017		
	(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	0,052	0,168	-0,396***	-0,343***	-0,215*

	2007			2017		
	(0,281)	(0,267)	(0,251)	(0,13)	(0,109)	(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 8 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 en el 2017 ni la variable de distancia lineal ni distancia cuadrática a la carretera Buenos Aires-Canchaque son estadísticamente significativas. Es recién, cuando se insertan los controles de efectos fijos por provincia y distrito, cuando ambas variables son estadísticamente significativas, para ambos años, pero en el 2017 reportan mayor magnitud. 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, 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. Como se podrá apreciar en los cuadros 9 y 10, 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 8: 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***	-0,001***	0	0	0	0

	2007			2017		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	(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 9: 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

	2007			2017		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
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 10: 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 11 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) a (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 11: 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. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

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, los resultados prácticamente son los mismos que se reportan en los cuadros 6 al 11, 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 12 y 13 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 12 y 13, 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 12: 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)
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)

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Efectos fijos por provincia.	No	Sí	Sí
Efectos fijos por distrito.	No	No	Sí
Observaciones	1389	1389	1389
R ²	0,5661	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 13: Primera etapa de estimación IV para la variable “distancia a carretera Buenos Aires-Canchaque^{2o}”

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)
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 14 al 19, 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 12 y 13.

El cuadro 14 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 (en este caso, 2,9 km, como se puede ver en la variable “distancia de inflexión” en el mismo cuadro) se impondría una afectación o externalidad negativa sobre su “stock de bienes” debido a la lejanía a la vía.

Cuadro 14: 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 (0,097)	-0,067 (0,12)	0,106 (0,084)
Constante	-1,318** (0,557)	-1,658** (0,641)	-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 15 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

indicaría 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 evitar externalidades negativas (Tillema et al., 2012).

Cuadro 15: 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*** (1,122)	-4,806*** (1,364)	-4,072*** (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 16 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), 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 16: 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)
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 17 y 18, 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, respectivamente.

Cuadro 17: 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 18: 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	-0,001	-0,002

Explicativas	(1)	(2)	(3)
Número de personas.	(0,002) 0 (0,001)	(0,002) 0 (0)	(0,001) 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 19 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.

Cuadro 19: 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)

Explicativas	(1)	(2)	(3)
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 siguientes cuadros, del 20 al 25, 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.

Cuadro 20: Test de Hausman: tenencia de activos

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires-Canchaque).	0,059*** (0,015)	0,045*** (0,014)	0,058*** (0,019)	0,519*** (0,18)	0,622*** (0,206)	0,412*** (0,091)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires-Canchaque) ² .	-0,003*** (0,001)	-0,002** (0,001)	-0,005*** (0,001)	-0,033*** (0,011)	-0,039*** (0,013)	-0,022*** (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 21: Test de Hausman: calidad de vivienda

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires-Canchaque).	0,136*** (0,029)	0,096*** (0,028)	0,021 (0,035)	1,276*** (0,36)	1,568*** (0,435)	0,855*** (0,209)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires-Canchaque) ² .	-0,009*** (0,002)	-0,006*** (0,002)	0 (0,003)	-0,082*** (0,023)	-0,1*** (0,028)	-0,04*** (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 22: Test de Hausman: educación superior completa

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires-Canchaque).	0,012 (0,013)	0,031** (0,013)	0,057*** (0,016)	0,885*** (0,288)	0,723*** (0,227)	0,434*** (0,092)
Ln(distancia a carretera Buenos Aires-Canchaque) ² .	0 (0,001)	-0,002* (0,001)	-0,004*** (0,001)	-0,056*** (0,018)	-0,046*** (0,014)	-0,023*** (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 23: 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 24: 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 25: 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.

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

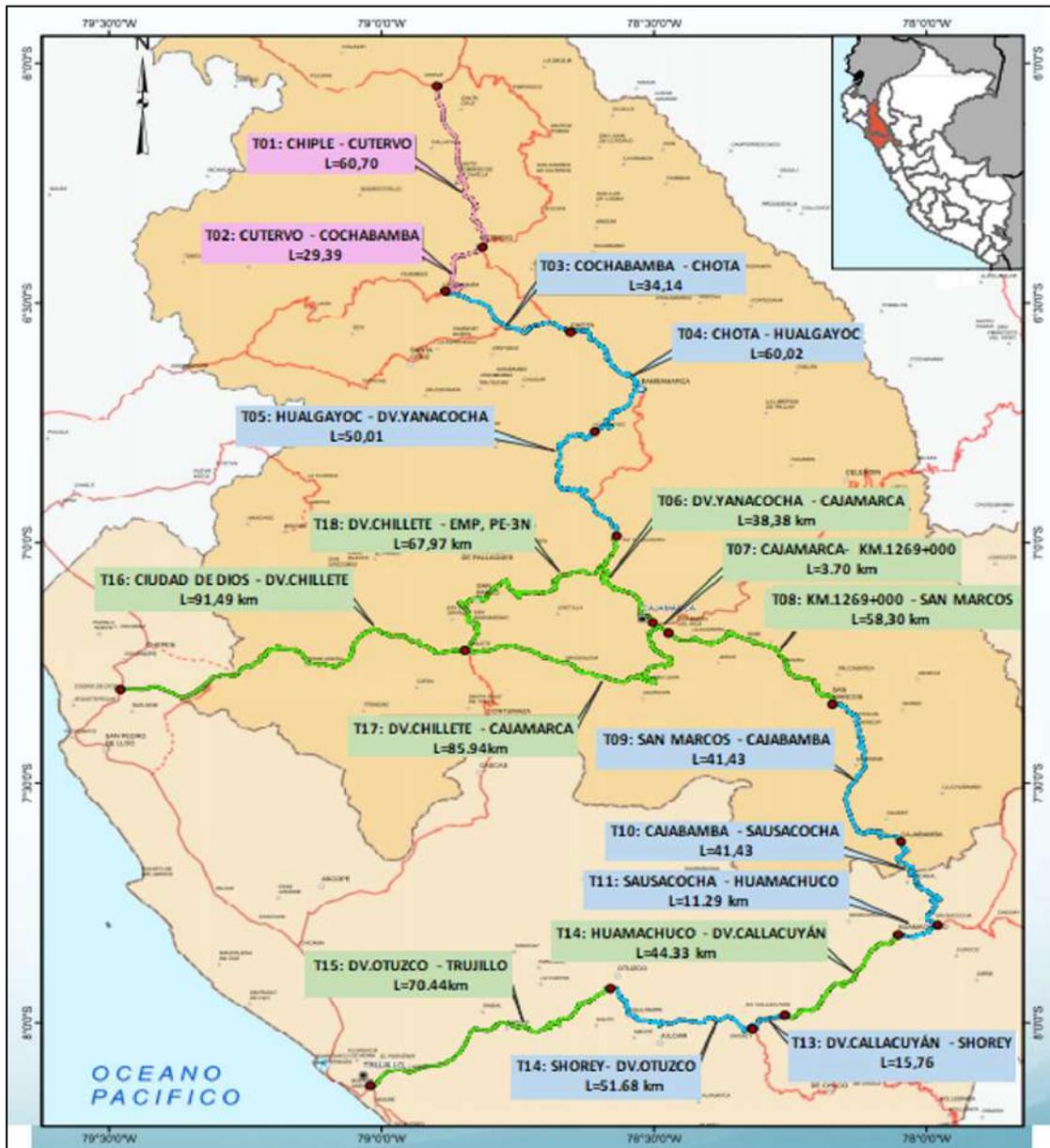
4.2.1.1. Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios-Cajamarca-Chiple-Cajamarca-Trujillo-Dv. Chilete-Emp. PE-3N

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 dividido 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 Saucacochoa con zonas turísticas de Simbal (sierra de la provincia de Trujillo) y las ciudades de Otuzco y Huamachuco (Ositrán, 2022)⁷.

Mapa 4: Ámbito de la Concesión Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios-Cajamarca-Chiple-Cajamarca-Trujillo-Dv. Chilete-Emp. PE-3N



Fuente: Ositrán (2022)⁸

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

⁸ 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.

4.2.1.2. 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 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)⁹.

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

4.2.2.1. Estrategia empírica

⁹ 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.

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)¹⁰. El mecanismo implica un pago periódico del Estado al operador privado por el costo de inversión, operación y mantenimiento y rehabilitación, considerando los ingresos del segundo por su derecho sobre la concesión. Por el contrario, bajo una obra pública tradicional – OPT, el Estado asume el costo de construcción, operación, mantenimiento y rehabilitación 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)¹¹ 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)¹² – tendrá fuertes incentivos para invertir eficientemente en la etapa de construcción con el fin de reducir los costos incurridos en la operación de dicha etapa, lo que conlleva a la construcción y gestión de carreteras de mayor calidad y más rentables (Iossa, 2015¹³; Fischer, 2011¹⁴). 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)¹⁵.

En este estudio, 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 Perú y España por Bonifaz y Fasanando (2022), y Albalate y Bel-Piñana (2016)¹⁶, respectivamente, cuando hayan 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, lo que se debería al rol importante que juega la calidad del diseño de la vía, sugiriendo que las carreteras privadas bajo APP están positivamente correlacionadas con mejores resultados en seguridad vial para carreteras de similar calidad (Albalate y Bel-Piñana, 2019)¹⁷. Cabe señalar que en este estudio se replica la metodología de Bonifaz y Fasanando (2022).

¹⁰ 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>.

¹¹ Yescombe, E. (2007). *Public-private partnerships, principles of policy and finance*. First Edition. 20th March 2007.

¹² 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.

¹³ 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>.

¹⁴ Fischer, R. (2011). The promise and peril of public-private partnerships, lessons from the Chilean experience. International Growth Centre. Working paper, June.

¹⁵ 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.

¹⁶ Albalate, D., and Bel-Piñana, G. (2016). Do public-private partnerships promote road safety? In XXIII Encuentro de Economía Pública, 62.

¹⁷ Albalate, 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>.

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)¹⁸. 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., 2020¹⁹) o la de *propensity score matching* – PSM (como en Bonifaz y Fasanando, 2022). Ahora bien, toda vez que se enfrenta la ausencia de una línea de base que permita cuantificar los cambios en las tasas de fatalidades relacionados 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). De esta forma, la metodología de PSM asegura una correcta comparabilidad 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 en o sean determinantes importantes para el tratamiento. Una vez conformados los grupos de comparación (que forman parte de un *common support*), 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.

4.2.2.2. Data y variables

¹⁸ Gertler, P. J., Martínez, S., and Premand, P. (2011). Impact evaluation in practice. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2550>.

¹⁹ Alves P., Lucas E., and Pereira R. (2020). The causal effect of road concessions on road safety. <https://osf.io/preprints/socarxiv/rqew3/>.

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 26 presenta la estadística descriptiva de las variables consideradas en la estimación del modelo *probit*.

Las variables consideradas son las siguientes: el número de accidentes, el número de heridos y el número de fallecidos provienen de la División de Protección de Carreteras de la Policía Nacional del Perú – DIVPRCAR-PNP, y 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, Ministerio de Salud – Minsa y Ministerio de Educación – Minedu.

Cuadro 26: Estadística descriptiva según tipo de operación (2011-2022)

VARIABLES	Tipo de operación	Promedio	Desv. Est.	Min.	Máx.
Número de accidentes.	Total	36,699	45,16	0	335
	Tratamiento	38,166	48,111	0	335
	Control	32,166	34,205	0	167
Número de heridos.	Total	48,307	59,146	0	507
	Tratamiento	50,361	62,456	0	507
	Control	41,961	47,079	0	233
Número de fallecidos.	Total	4,389	6,685	0	91
	Tratamiento	4,476	7,089	0	91
	Control	4,122	5,251	0	44
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
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

VARIABLES	Tipo de operación	Promedio	Desv. Est.	Min.	Máx.
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

Tratamiento: tramos de carreteras concesionadas; control: tramos de carreteras no concesionadas.

4.2.3. Resultados

4.2.3.1. 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 de tramos similares en varias características donde la principal diferencia sería si el tramo fue efectivamente 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; mientras que el modelo en cuestión reporta una capacidad predictiva del 78,78 %.

Cuadro 27: 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)
Dummy región sierra.	-0,1294792 (0,1463681)
% de hogares con electricidad.	-0,0663317*** (0,0140583)

Nota: errores estándar en paréntesis.

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

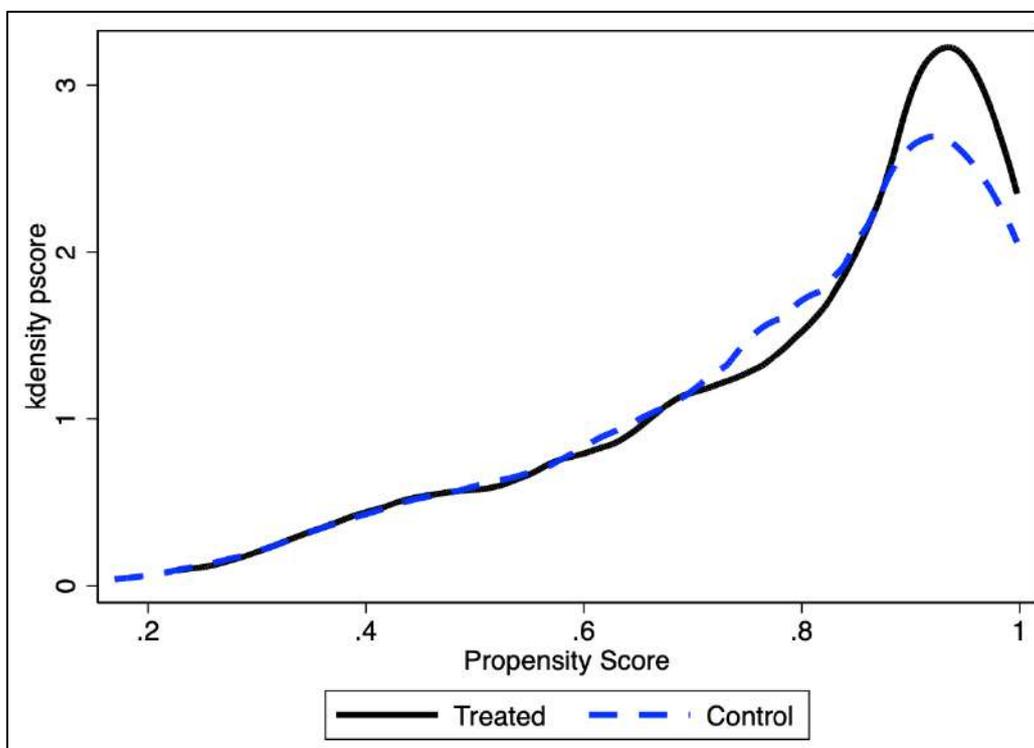
Capacidad predictiva del modelo *probit*: 78,78 %

4.2.3.2. 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 estima que la no inclusión de información u observaciones de otras unidades viales no afecta las estimaciones; asimismo, se puede observar que la distribución del *propensity score* con *common support* es correcta (gráfico 1).

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



Se estimó el efecto promedio del tratamiento sobre los tratados – ATT¹ 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 28), tasas de heridos (cuadro 29) y en las tasas de muertos (cuadro 30). Entiéndase como tasa, según corresponda, a accidentes/heridos/fallecidos por cada millón de vehículos (flujo vehicular) que transitan por la carretera.

Cuadro 28: 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 29: 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 30: 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 28 a 30, la diferencia en los tres emparejamientos de algoritmos fue negativo, esto significa que los tramos concesionados tienen menos accidentes, menos heridos y menos muertes que los no concesionados. En particular, los algoritmos de *radius* y *kernel* son los que reportan ATT estadísticamente significativos y los que sugieren 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 sierra piurana; 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 al entrar en juego algunas externalidades negativas (congestión vehicular, ruido, o lejanía) dichos efectos tienden a reducirse a partir de cierta distancia, que estaría alrededor de los 2,5 km de la vía. Sin embargo, cuando se emplea el método de variables instrumentales, que enfrenta 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.

Finalmente, 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 de El Niño ocurridos entre los años 2007 y 2017, sin duda han tenido un efecto durante el periodo de análisis en las poblaciones localizadas en el ámbito de la concesión. Asimismo, la misma infraestructura ha sido afectada por dicho evento, lo que ha requerido que se le

realicen mejoras. De otro lado, durante dichos años, otras concesiones de infraestructuras de transporte han tenido lugar, como lo es 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.

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., and 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., and 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. y 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., and 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. 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>.
- 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.
- Gertler, P. J., Martínez, S., and Premand, P. (2011). Impact evaluation in practice. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2550>.
- 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.
- 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., and 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., and Levinson, D. (2009). The economic impact of upgrading roads. <https://rosap.ntl.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. y 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., and 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., and 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., y 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>
- 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., and 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. and 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.



www.investinperu.pe

