



Documento de Trabajo N° 6

APP sobre rieles:

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





Alex Flores Quispe
Daniel Mallma Ugaz

APP SOBRE RIELES

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

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.º 6:

APP sobre rieles: Ahorro de tiempo de viaje con la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

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:

Luis Natal Del Carpio Castro

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

Iván Mirko Lucich Larrauri

Comité revisor:

Grupo de trabajo ProPublica

Autores:

Alex Flores y Daniel Mallma

Coordinación editorial:

Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional de ProInversión

Primera edición digital:

Mayo de 2025

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: Flores, A. y Mallma, D. (2025). APP sobre rieles: Ahorro de tiempo de viaje con la Línea 1 del Metro de Lima y Callao. *Documento de Trabajo N.º 6, Unidad de Análisis de Datos, Investigación e Inteligencia Estratégica – ProInversión, Perú.*

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2025-06343

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

Para comentarios o sugerencias comunicarse con: estudios.economicos@proinversion.gob.pe

ISSN: 3028-9556 (En línea)

APP sobre rieles: Ahorro de tiempo de viaje con la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo cuantificar la reducción en los tiempos de viaje que ofrece la Línea 1 del Metro de Lima y Callao frente a otros medios de transporte, como el bus y el taxi. Para ello, se utilizaron datos de tiempos de viaje obtenidos mediante técnicas automatizadas de *web scraping* a partir de Google Maps. Los resultados muestran que, en las rutas de mayor demanda, la Línea 1 permite un ahorro promedio de 29,0 minutos frente al bus durante las mañanas (6:00 a 11:00 horas) y de 21,5 minutos en las tardes (16:00 a 20:00 horas). Respecto al taxi, el ahorro es de 3,7 minutos en la mañana, mientras que en la tarde el taxi resulta, en la mayoría de rutas, más rápido. Este comportamiento se debe, principalmente, a los mayores tiempos de espera en cola reportados por los usuarios de la Línea 1 en horas punta de la noche. A partir de ello, se calcula el valor social del tiempo para cuantificar el ahorro económico de emplear la Línea 1, encontrando que, por cada millón de viajes este ahorro oscila entre S/ 2,90 millones y S/ 21,49 millones en la mañana y entre S/ 2,15 millones y S/ 15,91 millones en la tarde. Entre las rutas de mayor impacto económico destaca la que va desde la estación Villa El Salvador hasta la estación Gamarra, con un ahorro de hasta S/ 31,1 por viaje en la mañana, y la que va desde la estación Miguel Grau hasta la estación Villa El Salvador, con un ahorro de hasta S/ 28,6 por viaje en la tarde. Finalmente, se discuten otros beneficios de la Línea 1, además de las dificultades que enfrenta, como los elevados tiempos de espera en rutas de alta frecuencia, que en ocasiones igualan o superan el tiempo efectivo de viaje.

Palabras clave: Asociaciones Público-Privadas, web scraping, tiempos de viaje, valor social del tiempo, tiempo de espera en cola.

1. Introducción

Los proyectos de infraestructura de transporte son fundamentales para el desarrollo económico de una región, ya que facilitan la movilidad de personas y bienes. Existe amplia evidencia de que este tipo de infraestructuras tiene una relación positiva con el volumen de comercio (Bougheas, Demetriades, y Morgenroth, 1999). Además, las referidas infraestructuras permiten mejorar la conectividad al reducir los tiempos de desplazamiento, lo que puede favorecer también las actividades turísticas; en concordancia con ello, Khadaroo y Seetana (2007) demuestran empíricamente que el flujo de turistas es sensible a las mejoras en la infraestructura de transporte.

Asimismo, se reconoce que este tipo de infraestructura puede favorecer tanto el empleo como la competitividad de las economías locales y regionales, contribuyendo a su desarrollo. Haider y Miller (2000) indican que la proximidad a la infraestructura de transporte impacta en los valores inmobiliarios residenciales. De este modo, los proyectos de infraestructura de transporte no solo responden a las necesidades de movilidad, sino que también funcionan como impulsores del crecimiento económico en las regiones donde se implementan.

En particular, los proyectos ferroviarios enfocados en la creación y expansión de líneas de metro, resultan ser importantes para mejorar el transporte urbano de pasajeros en las grandes ciudades. Este tipo de infraestructuras optimizan la movilidad en áreas metropolitanas densamente pobladas y se muestran como un elemento transformador en términos económicos, ambientales y sociales de las ciudades (Lin, Broere, y Cui, 2022). Asimismo, las líneas de metro cuentan con capacidad para transportar gran cantidad de pasajeros de manera rápida, con mínimas interrupciones y sin verse afectados por la congestión vehicular (Shi, Yang, Yang, y Gao, 2018). Todo ello se traduce en la reducción de la saturación de las calles reduciendo los problemas de tráfico que afectan la productividad y el bienestar de la ciudadanía.

Por otro lado, las líneas de metro tienen un impacto ambiental positivo al reducir la dependencia del automóvil y el uso buses para el transporte público. Esto posibilita la reducción de emisiones de carbono y mantiene el aire más limpio (Doll y Balaban, 2013). En línea con los objetivos globales de lucha contra el cambio climático las autoridades de muchos países y ciudades optan por realizar y gestionar inversiones para la expansión de sus redes de metro ya que, además, favorecen el desarrollo urbano ordenado como la cohesión social y la equidad en el acceso a oportunidades y servicios esenciales.

En este contexto, las Asociaciones Público-Privadas (APP) se presentan como una modalidad de participación privada en proyectos de uso público que ha ganado relevancia para muchas economías del mundo ya que a través de este mecanismo se distribuyen riesgos entre el público y privado y se destinan recursos, principalmente del sector privado, para ejecutar las obras manteniendo cierto nivel de estándares de calidad. Por ello, muchos de los proyectos ferroviarios en el mundo han sido llevados a cabo a través con esta modalidad de inversión que permite reducir la carga financiera y los riesgos para el Estado.

En el caso de los proyectos de líneas de metro, la modalidad de APP ha resultado ser particularmente beneficiosa debido a la complejidad técnica y los altos costos inherentes a la construcción, mantenimiento y operación de estas infraestructuras. Por esta razón, es fundamental que las empresas concesionarias que lideran estos proyectos posean una sólida experiencia en el sector que permita garantizar la implementación de la tecnología adecuada para su correcta ejecución. El objetivo final de esta modalidad de inversión es brindar a los ciudadanos servicios de transporte más eficientes y de alta calidad que faciliten el desplazamiento de pasajeros en menos tiempo y que contribuyan a reducir la congestión vehicular

que afecta a muchas ciudades.

En Perú las APP han sido fundamentales para el desarrollo ferroviario. En la actualidad se cuenta con cinco concesiones vigentes y un conjunto de proyectos que pueden formar parte de la cartera de la Agencia de Promoción de la Inversión Privada (PROINVERSIÓN) para que sean adjudicados bajo la modalidad de APP. Dentro de los proyectos adjudicados se tiene al ferrocarril del sur y sur-oriente, ferrocarril del centro y ferrocarril Huancayo-Huancavelica concesionados a las empresas Ferrocarril Trasandino S. A., Ferrovías Central Andina S. A. y Concesionaria Ferroviaria del Perú S.A., respectivamente. Asimismo, la capital del Perú cuenta con dos proyectos adjudicados para la expansión de las líneas de metro. La empresa concesionaria Tren Urbano de Lima S. A. es la responsable del proyecto Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (Línea 1), mientras que la empresa concesionaria Metro de Lima Línea 2 S. A. es la responsable del proyecto Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao. Estos dos proyectos conectarán importantes distritos de la capital y facilitan el traslado de miles de pasajeros diariamente.

La Línea 1 es la primera línea de metro que se estableció en el Perú y se encuentra ubicada en Lima Metropolitana. Esta infraestructura de transporte fue adjudicada el 11 de abril de 2011. La concesión se otorgó luego de que la empresa concesionaria ofreciera un menor precio por kilómetro tren garantizado (PKT) y precio por kilómetro tren adicional (PKTA). La empresa concesionaria fue constituida el 19 de abril de 2011 y hacia diciembre de 2023 la composición accionaria del consorcio era la siguiente: Aenza S. A. A. posee el 75 % y Ferrovías Participaciones S. A. C. posee el 25 % restante. Según lo estipulado en el contrato de concesión, la referida empresa concesionaria tiene el derecho exclusivo de explotar el servicio, comprometiéndose a garantizar el transporte de los usuarios cumpliendo con los niveles de servicio establecidos.

Por otra parte, la Línea 1 se encuentra dividida en dos tramos, el primero conecta la estación Villa El Salvador, ubicada en el distrito del mismo nombre, con la estación Grau en el Cercado de Lima, mientras que el segundo se extiende desde la estación Grau hasta la estación Bayóvar, situada en el distrito de San Juan de Lurigancho. En total, la concesión incluye 26 estaciones (ver figura 1), un patio taller y una flota de 44 trenes, cada uno compuesto por 6 vagones. Asimismo, se prevé la construcción de una estación adicional, la estación 28 de julio, que servirá como punto de interconexión o transbordo con la Línea 2 del Metro de Lima y Callao.

El plazo de la concesión es de 30 años, contados a partir del inicio de operaciones el 9 de enero de 2012, por lo que tendría una vigencia hasta enero de 2042. Asimismo, los compromisos de inversión asumidos al momento de la firma del contrato ascendieron a USD 225 millones para el diseño, estudios previos, ejecución de obras civiles y equipamiento del taller de mantenimiento mayor, además de la adquisición de 19 trenes nuevos. Luego, en julio de 2016, con la firma de la adenda N.º 4 al contrato, el concesionario asumió un compromiso adicional de inversión por aproximadamente USD 470 millones, los cuales se encuentran orientados a realizar obras complementarias, como la remodelación de 5 estaciones, un segundo acceso al taller de mantenimiento y la compra de material rodante adicional, que incluyó 20 trenes y 39 coches adicionales (Ositrán, 2023).

En términos generales, esta infraestructura de transporte facilita el desplazamiento de un gran número de personas provenientes de diversos distritos de Lima Metropolitana hacia sus centros de trabajo, instituciones educativas, entidades gubernamentales para la realización de trámites, establecimientos de salud o espacios de recreación. Se considera que su implementación ha contribuido, entre otros aspectos, a la reducción de los tiempos de viaje. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo cuantificar el impacto de la

Figura 1: Distribución geográfica de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao



Fuente: Página web de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

Línea 1 en la disminución de los tiempos de traslado en comparación con otros medios de transporte.

El presente trabajo de investigación se organiza en seis secciones diferentes. En esta primera sección se proporciona una introducción a la investigación. La segunda sección ofrece una revisión de la literatura relevante de estudios nacionales e internacionales. En la tercera sección se describe la estrategia empírica adoptada para la cuantificación del impacto. La cuarta sección aborda una discusión sobre los datos utilizados. La quinta sección presenta los resultados y, finalmente, la sexta sección incluye las conclusiones y recomendaciones finales.

2. Revisión de literatura

2.1. Literatura internacional

A nivel internacional, existen diversos estudios que se centran en analizar la relación y el impacto de la infraestructura ferroviaria y la prestación de servicios de transporte de pasajeros, como las líneas de metro, sobre variables que capturan medidas de bienestar. En

su mayoría, los estudios revisados se han enfocado en los efectos de estas infraestructuras sobre el tiempo de viaje, indicadores de demanda, accesibilidad, entre otros. No obstante, también se incluyen investigaciones que abordan los beneficios en términos más generales. Los estudios identificados se presentan en los cuadros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 donde se incluyen el objetivo del estudio, la unidad de análisis, la estructura de datos, las variables dependientes y explicativas, la metodología utilizada y los resultados más relevantes obtenidos de cada documento revisado.

Respecto del objetivo que persiguen, [Vuchic \(1976\)](#) analiza la operación de trenes con paradas alternadas, conocida como *skip-stop*, como una estrategia para equilibrar las necesidades de altas velocidades en el transporte urbano y la cobertura adecuada de las áreas servidas. Este enfoque busca optimizar tanto la eficiencia del sistema como la experiencia del usuario. Por su parte, [Baum-Snow, Kahn, y Voith \(2005\)](#) evalúan el impacto de las expansiones ferroviarias urbanas en el uso del transporte público, centrándose en cómo afectan las elecciones de modo de transporte y los tiempos de viaje de los usuarios. Por otro lado, [Brons y Rietveld \(2008\)](#) exploran la falta de confiabilidad en los tiempos de viaje y su efecto sobre el comportamiento de elección de los pasajeros, destacando la importancia de la precisión y la puntualidad en la demanda de transporte público.

En cuanto a los impactos económicos, [Apanisile y Akinlo \(2013\)](#) se centran en analizar la relación entre el transporte ferroviario y el crecimiento económico en Nigeria durante el período 1970-2011; en un enfoque regional, [Chen y e Silva \(2014\)](#) estudian el impacto de la red ferroviaria de alta velocidad (HSR) española en el desarrollo económico de las provincias, mientras que [Ahlfeldt y Feddersen \(2018\)](#) analizan el impacto económico del tren de alta velocidad en Alemania, con un enfoque en la conexión Colonia-Frankfurt. Estos dos últimos estudios subrayan el papel del transporte ferroviario en fomentar la integración regional y el crecimiento.

Por su parte, [Chen y Haynes \(2017\)](#) abordan la influencia de los trenes de alta velocidad en la disparidad económica regional en China; [Donaldson \(2018\)](#), de manera similar, utiliza datos históricos de la India colonial para ilustrar cómo las redes ferroviarias pueden ser un motor de transformación económica y social. Por su parte, [Jin, Lin, Shi, Lee, y Li \(2020\)](#) examinan empíricamente la expansión de las redes ferroviarias de alta velocidad en China desde 2008 y su impacto en el crecimiento económico. Desde la perspectiva del comportamiento del usuario, [Thrane \(2015\)](#) analiza las decisiones de los turistas noruegos en viajes de larga distancia, considerando la elección entre transporte público, automóvil privado y transporte aéreo. En un contexto más técnico, [Ma, Yu, y Liu \(2020\)](#) investigan cómo las características socioeconómicas, del hogar y del viaje influyen en las decisiones de transporte, mientras que [Singh, Graham, y Anderson \(2020\)](#) cuantifican las variaciones en los tiempos de viaje de los usuarios del metro de Londres, mostrando cómo el comportamiento individual afecta estas dinámicas.

Otros estudios centran su objetivo en los aspectos técnicos y metodológicos. [Parbo, Nielsen, y Prato \(2018\)](#) presentan un modelo de optimización para resolver el problema de «salto de parada», buscando un equilibrio entre el tiempo de espera y los tiempos de viaje. [Zhao, Yan, Yu, y Van Hentenryck \(2020\)](#), por su parte, comparan modelos logit y de aprendizaje automático, destacando la importancia de la precisión predictiva y el análisis conductual en la elección de transporte. Finalmente, estudios recientes han investigado el papel del transporte ferroviario en la innovación y la colaboración regional. [Hanley, Li, y Wu \(2022\)](#) analizan cómo la infraestructura ferroviaria de alta velocidad promueve la colaboración interempresarial en China, mientras que [Chi y Han \(2023\)](#) evalúan el impacto de las redes ferroviarias en el desarrollo económico de condados chinos, destacando su relevancia como

motor del desarrollo regional.

Respecto de la metodología empleada, [Vuchic \(1976\)](#) emplea la metodología skip-stop, enfocándose en la optimización de operaciones ferroviarias para mejorar la eficiencia del sistema. Por otro lado, [Golias \(2002\)](#) utiliza un modelo logit anidado (MLA) para analizar las decisiones de transporte de los usuarios. [Baum-Snow et al. \(2005\)](#) utilizan el enfoque de diferencias en diferencias (DID) para evaluar los impactos de la expansión ferroviaria, mientras que [Brons y Rietveld \(2008\)](#) combinan el modelo logit binario (MLB) y el modelo logit anidado (MLA) para estudiar la elección de modos de transporte en función de la confiabilidad y el tiempo de viaje.

Por su parte, [Apanisile y Akinlo \(2013\)](#) aplican un modelo de vector de corrección de errores (VECM) para analizar la relación entre la inversión ferroviaria y el crecimiento económico en Nigeria, mientras que [Chen y e Silva \(2014\)](#) emplean un modelo de ecuaciones estructurales (SEM) para evaluar el impacto del transporte ferroviario de alta velocidad en el desarrollo económico. [Thrane \(2015\)](#) utiliza un modelo de regresión logit multinomial (MNL) para analizar las preferencias de transporte de los turistas, considerando múltiples alternativas. [Chen y Haynes \(2017\)](#) adoptan un enfoque de panel con efectos fijos (EF) y efectos aleatorios (EA) para explorar las disparidades económicas regionales asociadas con la infraestructura ferroviaria.

Asimismo, [Ahlfeldt y Feddersen \(2018\)](#) emplean el método de control sintético combinado con DID para evaluar los impactos económicos del transporte ferroviario, mientras que [Donaldson \(2018\)](#) utiliza mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para analizar el impacto histórico de las redes ferroviarias en la India colonial. [Fu y Gu \(2018\)](#) adoptan un enfoque descriptivo basado en análisis estadísticos para evaluar los cambios en el flujo de pasajeros y los tiempos de viaje. [Li, Strauss, Shunxiang, y Lui \(2018\)](#) utiliza el método de causalidad Granger para explorar la relación entre la accesibilidad urbana y el desarrollo económico.

Por otro lado, [Parbo et al. \(2018\)](#) abordan un problema de optimización de dos niveles para equilibrar los tiempos de espera y la eficiencia del sistema ferroviario. [Gao et al. \(2019\)](#), al igual que [Baum-Snow et al. \(2005\)](#), aplican DID para evaluar los impactos de las mejoras en la infraestructura ferroviaria. [Heuermann y Schmieder \(2019\)](#) utilizan variables instrumentales (VI) para analizar los efectos de los trenes de alta velocidad en Alemania, mientras que [Pineda y Lira \(2019\)](#) combinan un análisis costo-beneficio con el análisis factorial confirmatorio (CFA) para medir el bienestar de los usuarios y la satisfacción con el transporte público.

[Jin et al. \(2020\)](#) emplean un modelo espacial de Durbin para analizar el impacto de las líneas ferroviarias de alta velocidad en las ciudades chinas. Por su parte, [Ma et al. \(2020\)](#) también utilizan un MLA para estudiar las decisiones de transporte. [Singh et al. \(2020\)](#) trabajan con un modelo de panel con EF, mientras que [Zhao et al. \(2020\)](#) adoptan un enfoque innovador utilizando modelos de aprendizaje automatizado y modelos logit mixtos (MLM) para analizar los patrones de transporte. [Al-Salih y Esztergár-Kiss \(2021\)](#) combinan el modelo de regresión MNL con el MLA para capturar las interacciones complejas en las elecciones de transporte. [Šperka, Dedík, y Hrudkay \(2021\)](#), al igual que [Fu y Gu \(2018\)](#), utilizan análisis estadísticos y descriptivos para evaluar los impactos del transporte. [Hanley et al. \(2022\)](#) combinan MCO y VI para analizar la relación entre la infraestructura ferroviaria y la colaboración industrial. Finalmente, [Chi y Han \(2023\)](#) utilizan *propensity score matching* (PSM) y DID para evaluar los efectos de la apertura de líneas ferroviarias de alta velocidad.

Con relación a los resultados, se destacan algunos estudios. [Golias \(2002\)](#) encuentra que la demanda del automóvil es inelástica con respecto al costo y tiempo de viaje, mientras que los usuarios del transporte público de Atenas responden más a cambios en el costo

que en el tiempo de viaje. Además, los aumentos en el costo y tiempo de viaje del automóvil incrementan la demanda del metro, pero no la del autobús. [Baum-Snow et al. \(2005\)](#) concluye que, a pesar de las grandes inversiones en infraestructura ferroviaria entre 1970 y 2000, estas no aumentaron significativamente el uso del transporte público, cuyo porcentaje en el total de desplazamientos disminuyó en ese período. Por otro lado, [Brons y Rietveld \(2008\)](#) argumentan que mejorar la confiabilidad en los tiempos de viaje en un 10 % puede aumentar el uso del tren y reducir el uso de automóviles.

[Apanisile y Akinlo \(2013\)](#) encuentran una relación inversa a largo plazo entre el transporte ferroviario y el crecimiento económico en Nigeria, explicando la decadencia del sector por la falta de inversión gubernamental. En España, [Chen y e Silva \(2014\)](#) señalan que las inversiones en trenes de alta velocidad tuvieron impactos positivos en el PIB y el empleo, aunque con un rezago de hasta cinco años. [Thrane \(2015\)](#) observa que los turistas que viajan más de 400 km prefieren el transporte aéreo sobre el automóvil privado o público, con un cambio significativo hacia el transporte aéreo al superar esta distancia. [Chen y Haynes \(2017\)](#) destacan que el HSR en China ha reducido las brechas económicas regionales, con mayores beneficios en el centro y oeste del país.

Por su parte, [Ahlfeldt y Feddersen \(2018\)](#) encuentran un efecto causal promedio del 8,5 % del HSR sobre el PIB en condados con paradas intermedias. Por otro lado, [Donaldson \(2018\)](#) muestra que los ferrocarriles disminuyeron los costos comerciales, incrementaron el comercio interregional e internacional y aumentaron los niveles de ingreso real. [Fu y Gu \(2018\)](#) identifican que la apertura de una nueva línea de metro impactó el flujo de pasajeros y la confiabilidad del tiempo de viaje, con variaciones según los grupos de viajeros. De manera similar, [Li et al. \(2018\)](#) evidencian que los aumentos en accesibilidad están correlacionados con un crecimiento económico significativo a nivel urbano.

Asimismo, [Parbo et al. \(2018\)](#) calculan una reducción del 5,5 % en el tiempo de viaje de los pasajeros del tren y una disminución del 3,2 % en el costo generalizado del viaje. [Gao et al. \(2019\)](#) reporta que las mejoras ferroviarias permiten un mayor acceso a centros laborales y reducen los tiempos de desplazamiento. [Heuermann y Schmieder \(2019\)](#) estiman que una reducción del 1 % en el tiempo de viaje incrementa el número de viajeros entre regiones en un 0,25 %, con mayores beneficios concentrados en regiones periféricas. [Pineda y Lira \(2019\)](#) (2019) concluyen que los usuarios de la Línea 6 del metro en Santiago experimentaron una reducción del 14 % en tiempos de viaje comparables.

[Jin et al. \(2020\)](#) observa que el HSR tiene un efecto positivo en el crecimiento económico local, especialmente en megaciudades y regiones desarrolladas, aunque los impactos indirectos son insignificantes. [Ma et al. \(2020\)](#) resalta que el tiempo de viaje influye significativamente en la elección del modo de transporte, con mayor impacto en grupos como empleados públicos y personal técnico. [Singh et al. \(2020\)](#) señala que las características operativas y de demanda explican el 96 % de la variación en los tiempos de viaje, con la velocidad como factor predominante. [Zhao et al. \(2020\)](#) encuentra que un aumento del 10 % en el tiempo de viaje reduce la probabilidad de elegir transporte público en un 4,2 % y el automóvil privado en un 3,6 %.

[Al-Salih y Esztergár-Kiss \(2021\)](#) identifican que la distancia de viaje es la variable más significativa, seguida del tiempo de viaje y el propósito de la actividad. [Šperka et al. \(2021\)](#) concluyen que la reducción de los tiempos de viaje disminuye las pérdidas financieras y mejora la economía local. [Hanley et al. \(2022\)](#) destacan que los ferrocarriles de alta velocidad fomentan la colaboración en innovación, especialmente en regiones menos desarrolladas. Finalmente, [Chi y Han \(2023\)](#) advierten que el HSR tiene un efecto negativo a largo plazo en la aglomeración de empresas industriales en áreas rurales, sugiriendo impactos no homogéneos en el desarrollo regional.

Cuadro 1: Revisión de la literatura internacional - Parte 1

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Vuchic (1976)	Evaluar la operación de trenes con paradas alternadas (skip-stop) como una solución para equilibrar la necesidad de altas velocidades en el transporte urbano y una cobertura adecuada de área en líneas de tránsito rápido.	N. A.	N. A.	N. A.	N. A.	Metodología <i>skip-stop</i>	Mediante la operación <i>skip-stop</i> , el sistema ferroviario logra reducir el tiempo total de viaje y costos operativos.
Golias (2002)	Este documento se concentra en evaluar los impactos de la construcción del Metro en Atenas.	Usuarios del transporte en los corredores de tráfico de Atenas, Grecia.	Datos transversales: 4200 cuestionarios de encuestas de preferencias reveladas.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Variable categórica de modo de transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tiempo de viaje. ■ Costo de viaje. 	MLA	La demanda de uso del automóvil es bastante inelástica (con respecto al costo y tiempo de viaje). Los usuarios del transporte público de Atenas son más sensibles a los cambios en el costo que en el tiempo de viaje. Los aumentos en el tiempo de viaje y el costo del automóvil aumentan la demanda del metro, pero no para el autobús.
Baum-Show et al. (2005)	Evaluar el impacto de las expansiones de sistemas de transporte ferroviario urbano en el uso del transporte público, la elección del modo de viaje y los tiempos de viaje de los usuarios.	Ciudades de Estados Unidos	Datos de panel: para 16 ciudades de 1970 a 2000.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Uso del transporte público (participación). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Distancia al distrito central (en <i>dummy</i> para algunas estimaciones). ■ Distancia a una línea ferroviaria. 	DID	A pesar de las grandes inversiones en el tránsito ferroviario urbano entre 1970 y 2000, las expansiones no lograron aumentar significativamente el uso del transporte público, cuyo porcentaje en el total de desplazamientos disminuyó durante ese período.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.

Cuadro 2: Revisión de la literatura internacional - Parte 2

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Brons y Rietveld (2008)	Determinar el impacto de la falta de confiabilidad en los tiempos de viaje en el comportamiento de elección de los pasajeros de tren.	Áreas poscódigo de Holanda.	Datos transversales: 1440 áreas poscódigo.	<ul style="list-style-type: none"> Variable categórica de modo de transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de viaje. Dimensión del retraso y puntualidad. 	MLB y MLA	Mejorar la confiabilidad del tiempo de viaje en un 10 % podría aumentar significativamente el uso del tren y reducir el uso de modos de acceso no sostenibles como el automóvil.
Apanisile y Akinlo (2013)	Examinar el vínculo entre el transporte ferroviario y el crecimiento económico en Nigeria durante el período 1970-2011.	Nigeria	Serie de tiempos: datos anuales de 1970 al 2011.	<ul style="list-style-type: none"> PIB 	<ul style="list-style-type: none"> Gasto/inversión gubernamental en transporte ferroviario. 	Cointegración VECM	Los resultados muestran que existe una relación inversa de largo plazo entre el transporte ferroviario y el crecimiento económico en Nigeria. Esto explica la decadencia del sector debido al abandono por parte del Gobierno.
Chen y e Silva (2014)	Estudiar el impacto de la red ferroviaria de alta velocidad (HSR) española en el desarrollo económico provincial.	Provincias españolas	Panel de datos: 47 provincias para los años de 1990 a 2010.	<ul style="list-style-type: none"> PIB Empleo 	<ul style="list-style-type: none"> Índice de accesibilidad al HSR. 	SEM	Los resultados encontrados son más sugerentes que concluyentes. La inversión en la construcción del HSR en España tuvo impactos positivos en el PIB y en el nivel de empleo hasta con 5 años de rezago.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es mínimos cuadrados ordinarios, MCO es efectos aleatorios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.

Cuadro 3: Revisión de la literatura internacional - Parte 3

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Thraane (2015)	Analizar las elecciones de modo de transporte de los turistas noruegos en viajes de larga distancia, considerando tres opciones: automóvil privado, transporte aéreo y otros medios de transporte público.	Turistas noruegos. 1/	Corte transversal: 2139 turistas en marzo y abril de 2009	<ul style="list-style-type: none"> Variable categórica de modo de transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de viaje (en horas). Distancia de viaje. 	MNL	Los turistas que viajan más de 400 km prefieren el transporte aéreo sobre el automóvil privado o público. Asimismo, el autor encontró que la relación entre tiempo de viaje y elección de transporte no es lineal, con un cambio significativo a favor del transporte aéreo al superar los 400 km de distancia.
Chen y Haynes (2017)	Medir el impacto del tren de alta velocidad (HSR) en la disparidad económica regional de China.	Regiones de China	Datos de panel: 22 regiones de 2000 a 2014.	<ul style="list-style-type: none"> PIB per cápita. Índice de Theil Índice de Gini. 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de capital físico. Dotaciones de infraestructura ferroviaria. Indicador de accesibilidad (tiempo de viaje). 	Panel con EF y EA	El HSR ha contribuido a cerrar brechas entre regiones ricas y pobres, con un efecto más notable en el centro y el oeste de China. El desarrollo del HSR ha contribuido a una reducción en la desigualdad económica regional a nivel nacional en China.
Alhfeldt y Feddersen (2018)	Analizar el impacto económico del tren de alta velocidad (HSR) alemán que conecta Colonia y Frankfurt.	Condados alemanes.	Panel de datos: 115 condados para los años 1992-2009.	<ul style="list-style-type: none"> PIB 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Dummy</i> que es 1 si el condado es de parada intermedia y 0 en otro caso. 2/ 	Control sintético DID	Existe efecto causal de alrededor del 8,5% en promedio del HSR sobre el PIB de tres condados con paradas intermedias.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.

1/ El estudio considera a los miembros de hogares noruegos que habían estado fuera de casa por motivos de vacaciones dentro de Noruega durante al menos una noche.

2/ Los condados afectados por la política son los de Montabaur, Limburg y Siegburg.

Cuadro 4: Revisión de la literatura internacional - Parte 4

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Donaldson (2018)	Investigar el impacto de la red ferroviaria de la India utilizando datos de archivo de la India colonial.	Districtos de la India.	Panel de datos: 235 distritos para los años 1870 a 1930.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Precio de la sal. ▪ Valor de exportaciones real agrícola. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distancia de la ruta de menor costo. ▪ <i>Dummy</i> que es 1 cuando el ferrocarril es construido en el distrito 	MCO	Los ferrocarriles disminuyeron los costos comerciales, aumentaron el comercio interregional e internacional y generaron mayores niveles de ingreso real.
Fu y Gu (2018)	Analizar el impacto de la implementación de una nueva línea de metro en los cambios en el flujo de pasajeros del metro y el tiempo de viaje.	Viajes individuales realizados en el metro de Nanjing.	Datos transversales: de los viajes realizados durante 2 meses (enero y febrero de 2017).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flujo de pasajeros. ▪ Tiempos de viaje. 	N. A.	Análisis estadístico y descriptivo	La apertura de la nueva línea de metro impactó el flujo de pasajeros, en el tiempo de viaje y en la confiabilidad en el tiempo de viaje de manera diferenciada según el grupo de viajeros analizado.
Li et al. (2018)	Investigar el impacto de los ferrocarriles de alta velocidad (HSR) en la actividad económica de 200 ciudades chinas utilizando un nuevo conjunto de datos del 2007 al 2014.	Ciudades chinas.	Panel de datos: 226 ciudades para los años de 2007 a 2014.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medida de accesibilidad de ciudad. ▪ PIB per cápita. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medida de accesibilidad de ciudad. ▪ PIB per cápita. 	Causalidad Granger	Los aumentos en la accesibilidad conducen a aumentos significativos y relativamente grandes en el crecimiento económico a nivel de la ciudad.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es propensity score matching.

3/ Los autores emplean una metodología para determinar la causalidad estadística. Por ello, utilizan estas variables como dependiente y explicativa al mismo tiempo.

Cuadro 5: Revisión de la literatura internacional - Parte 5

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Parbo (2018) <i>et al.</i>	Formular el problema de sal- to de parada como un pro- blema de optimización de dos niveles. A través del cual permita encontrar un equi- librio entre el aumento del tiempo de espera de los pa- sajeros y la disminución del tiempo de viaje de los usua- rios.	Rutas del sistema de ferro- carriles subur- banos de Co- penhague, Dinamar- ca.	Corte trans- versal: distintas rutas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo ge- neralizado de viaje. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Patrones de parada (<i>skip-stop patterns</i>). ▪ Comportamiento de los pasajeros. ▪ Frecuencia de tre- nes. ▪ Tiempos de espera. 	Problema de optimiza- ción de dos niveles	La reducción del tiempo de viaje en el vehículo de los pasajeros del tren fue del 5,5 %, la reducción del coste generalizado del viaje de los pasajeros fue del 3,2 %.
Gao (2019) <i>et al.</i>	Demostrar cuál es la influen- cia de las mejoras en las líneas ferroviarias en los pa- trones de desplazamiento.	Zonas de análisis de tráfico.	Panel de datos: 491 zonas para los períodos de 5-11 de enero de 2015 y de 22-28 noviembre de 2016.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tiempo de despla- zamiento desde la zona re- sidencial hasta el centro de labores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Dummy</i> que toma 1 si está a menos de 2 km y 0 en otro caso. 	DID	Las mejoras en las líneas ferrovia- rias permitieron un mayor acce- so a centros laborales y una re- ducción en el tiempo de despla- zamiento hacia dichos centros.
Heuermann y Schmieder (2019)	Emplear la expansión de la red ferroviaria de alta ve- locidad en Alemania como un experimento natural para examinar el efecto causal de las reducciones en el tiempo de desplazamiento entre re- giones.	Regiones alemanas.	Panel de da- tos: 352 re- giones para los años de 1999 a 2010.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de viajeros. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Duración del viaje. 4/ 	VI	La reducción del tiempo de via- je del 1 % aumenta el núme- ro de viajeros entre regiones en un 0,25 %. Los resultados indican que los beneficios de las inversio- nes en infraestructura ferroviaria se concentran en particular en las regiones periféricas.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.
4/ Emplean como instrumento la expansión de la red ferroviaria de alta velocidad.

Cuadro 6: Revisión de la literatura internacional - Parte 6

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Pineda y Lira (2019)	Verificar si la implementación de la nueva línea de Metro de Santiago efectivamente redujo el tiempo de viaje y recoger la percepción de los usuarios sobre el ahorro en el tiempo de viaje.	Viajes de la Línea 6 del Metro de Santiago (Chile).	Datos transversales: 2986 viajes en los años 2017 y 2018.	<ul style="list-style-type: none"> Bienestar subjetivo y satisfacción con el viaje. 	<ul style="list-style-type: none"> Percepción del tiempo de viaje. 	Análisis costo - beneficio y CFA	Se concluyó que se ahorró en el tiempo de viaje para aquellos usuarios que tienen el mismo origen y destino. Los tiempos de viaje disminuyeron en un 14% en viajes comparables después del lanzamiento de la Línea 6.
Jin et al. (2020)	Las redes de ferrocarriles de alta velocidad (HSR) de China se han expandido dramáticamente desde 2008, lo que se cree mayoritariamente que ha promovido el crecimiento económico. Este estudio prueba empíricamente esta hipótesis.	Ciudades chinas.	Panel de datos: 285 ciudades para los años 2002-2016.	<ul style="list-style-type: none"> PIB 	<ul style="list-style-type: none"> Número de líneas de alta velocidad con las que cuenta la ciudad. 	Modelo espacial de Durbin	Los resultados muestran el efecto del HSR sobre el crecimiento económico local, aunque se considera que el efecto indirecto es insignificante. Ello se cumple, principalmente, en megaciudades y ciudades desarrolladas.
Ma et al. (2020)	Investigar el comportamiento conjunto de elección de los viajeros en relación con el tiempo de desplazamiento y el modo de transporte, considerando factores como características socio-económicas, del hogar y del viaje.	Viajes en China.	Corte transversal: 2967 viajes en 2011.	<ul style="list-style-type: none"> Variable categórica de modo de transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de viaje (minutos). Distancia. 	MLA	Los viajeros seleccionan su modo de transporte según el tiempo de viaje, lo que hace que este modo sea útil para predecir sus decisiones. El tiempo de viaje tiene un impacto negativo en opciones como caminar, ir en bicicleta, tomar el autobús o taxi. Además, los empleados públicos, personal médico, maestros y técnicos son más sensibles a este factor que otros viajeros.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MNL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es propensity score matching.

Cuadro 7: Revisión de la literatura internacional - Parte 7

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Singh <i>et al.</i> (2020)	Cuantificar la variación en los tiempos de viaje de los usuarios del Metro de Londres que se deben al comportamiento individual y heterogeneidad.	Pasajeros del sistema de Londres.	Datos panel: 8000 pasajeros de una misma ruta por 35 días.	Medida de tiempo de viaje.	<ul style="list-style-type: none"> Velocidades de tren. Indicadores de demanda de pasajeros. Coficiente de variación (COV) de avance. 	Panel con EF	Las características operativas y de demanda explican el 96% de la variación en los tiempos de viaje. Siendo la velocidad el principal factor predominante.
Zhao <i>et al.</i> (2020)	Abordar la falta de comparación integral entre modelos logit y aprendizaje automático, cubriendo tanto la precisión predictiva como el análisis conductual.	Personas de Michigan, Estados Unidos.	Corte transversal: 1163 personas en 2018.	Variable categórica de modo de transporte.	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de viaje (minutos). Tiempo de espera para transporte público. 	Modelos de aprendizaje automatizado, MLA y MLM.	Un aumento del 10% en el tiempo de viaje reduce en un 4,2% la probabilidad de elegir el transporte público y en un 3,6% la probabilidad de optar por el automóvil privado.
Al-Salih y Esztergát-Kiss (2021)	Analizar la interacción entre la elección del modo de transporte y el comportamiento de viaje de un individuo, identificando las variables más influyentes.	Viajes realizados en Hungría.	Corte transversal: 1889 viajes en 2014.	Variable categórica de modo de transporte.	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de viaje (minutos). Distancia del viaje. 	MNL y MLA	La variable de distancia del viaje fue la más estadísticamente significativa, seguida de tiempo de viaje y propósito de la actividad. El estudio indica que estos parámetros deben considerarse principalmente al elaborar modelos de tráfico urbano y planes de viaje.

Nota: N. A. es no aplica, MLA es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.

Cuadro 8: Revisión de la literatura internacional - Parte 8

Autor	Objetivo	Unidad de análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Sperka et al. (2021)	Analizar y proponer puntos de mejora con respecto a los tiempos de transferencia en las estaciones de la red ŽSR en Eslovaquia. Mediante estas mejoras se busca reducir los tiempos de viaje y los costos asociados de los usuarios. Investigar el impacto de la infraestructura en la colaboración en innovación entre empresas en diferentes lugares utilizando la introducción de ferrocarriles de alta velocidad (HSR) en China.	Estaciones de la red ferroviaria ŽSR.	Series de tiempo: 1994 a 2021	<ul style="list-style-type: none"> Valor monetario del tiempo de viaje. 	N. A.	Análisis estadístico y descriptivo	La reducción de los tiempos de viaje disminuye las pérdidas de tiempo y las pérdidas financieras para los empleados y los empleadores. En última instancia eso mejora la economía local.
Hanley et al. (2022)	Investigar el impacto de la infraestructura en la colaboración en innovación entre empresas en diferentes lugares utilizando la introducción de ferrocarriles de alta velocidad (HSR) en China.	Ciudades chinas.	Panel de datos: 3007 ciudades para los años 2005-2015.	<ul style="list-style-type: none"> Número de patentes corporativas. Número de asociaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Dummy</i> que es 1 a partir del año que la ciudad se conecta a la red HSR y 0 en otro caso. 	MCO y VI	Los ferrocarriles de alta velocidad pueden mejorar sustancialmente la colaboración en innovación a nivel de ciudad. La calidad de la innovación también aumenta. Además, el impacto es más significativo en las regiones menos desarrolladas.
Chi y Han (2023)	Medir el impacto de la red ferroviaria de alta velocidad sobre el desarrollo económico de los diferentes condados de China.	Condados de China.	Datos panel: para 1791 condados de 2003 a 2019.	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de aglomeración de empresas industriales. Grado de concentración de la fuerza laboral secundaria. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Dummy</i> que toma el valor de 1 después de la apertura del ferrocarril de alta velocidad y 0 en otro caso. 	PSM y DID	El ferrocarril de alta velocidad tiene un efecto negativo a largo plazo en la aglomeración de empresas industriales del área del condado.

Nota: N. A. es no aplica, ML/A es modelo logit anidado, DID es diferencias en diferencias, MLB es modelo logit binario, VECM es modelo de vector de corrección de errores, SEM es modelo de ecuaciones estructurales, MINL es modelo de regresión logit multinomial, EF es efectos fijos, EA es efectos aleatorios, MCO es mínimos cuadrados ordinarios, CFA es análisis factorial confirmatorio, MLM es modelo logit mixto, PSM es *propensity score matching*.
5/ El instrumento que utilizan es una variable dummy que indica si la ciudad estaba conectada a la red ferroviaria en 1934.

2.2. Literatura nacional

En esta subsección se realiza una revisión de aquellos documentos que investigan los efectos que pueden tener los proyectos ferroviarios de transporte de pasajeros en Perú. Al respecto, se ha priorizado la revisión de aquellos estudios que evalúan los efectos de las APP. En el cuadro 9 se presenta un resumen de las principales características de los estudios revisados: objetivo del estudio, la unidad de análisis, la estructura de datos, las variables dependientes y explicativas, la metodología utilizada y resultados más relevantes.

Respecto del objetivo que persiguen los estudios revisados, [Aguirre \(2012\)](#) analiza los efectos generados por las infraestructuras de transporte concesionadas supervisadas por el Ositrán. [Flores y Chang \(2020\)](#) examinan la relación entre la demanda de transporte concesionado y el crecimiento económico en Perú. [Del Carpio \(2023\)](#) analiza el impacto de las inversiones realizadas a través de APP en el sector de infraestructura de transporte, y su contribución al desarrollo económico del Perú. [Contreras, Aguilar, y Lázaro \(2024\)](#) estudian el impacto de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao en la informalidad de las viviendas cercanas a las estaciones, abordando un tema crítico sobre los efectos sociales y económicos de la infraestructura de transporte en el entorno urbano.

Con relación a la unidad de análisis, [Aguirre \(2012\)](#) se enfoca en los terminales portuarios concesionados en Perú. [Flores y Chang \(2020\)](#) consideran a Perú como unidad de análisis. [Del Carpio \(2023\)](#) utiliza como unidad de análisis las regiones del Perú, lo que facilita una evaluación del impacto regional de las inversiones en APP en infraestructura de transporte y [Contreras et al. \(2024\)](#) se centran en viviendas ubicadas en Lima Metropolitana, analizando cómo la proximidad a la Línea 1 del Metro de Lima y Callao afecta la informalidad en las zonas cercanas a las estaciones, lo que refleja un enfoque urbano y social.

Respecto de la estructura de datos, [Aguirre \(2012\)](#) utiliza una serie de tiempo con datos correspondientes al período 1998-2010, [Flores y Chang \(2020\)](#) trabajan con una serie de tiempo basada en datos trimestrales que abarcan desde el primer trimestre del año 2000 hasta el segundo trimestre de 2017, [Del Carpio \(2023\)](#) emplea un panel de datos compuesto por 24 observaciones anuales que cubren el período 2008-2021 y [Contreras et al. \(2024\)](#) también utilizan datos de panel, en este caso para un total de 11 741 viviendas en el período 2007-2019.

Con relación a la variable dependiente, [Flores y Chang \(2020\)](#) emplean dos variables dependientes principales: el número de pasajeros movilizados y el PIB per cápita; [Del Carpio \(2023\)](#) utiliza el PIB y los ingresos, que miden el desempeño económico, junto con el Valor de Desarrollo Económico (VDE), que captura el impacto más amplio de las inversiones en infraestructura en el crecimiento económico regional. Por su parte, [Contreras et al. \(2024\)](#) analizan la informalidad de la vivienda, medida a través del título de propiedad, como variable dependiente para evaluar los efectos sociales de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao en las viviendas cercanas a sus estaciones..

Respecto de la variable explicativa, [Flores y Chang \(2020\)](#) consideran como variables explicativas tanto el número de pasajeros movilizados como el PIB per cápita; [Del Carpio \(2023\)](#) utiliza el stock de capital ferroviario y [Contreras et al. \(2024\)](#) emplean una variable dummy que toma el valor de 1 para las viviendas ubicadas a menos de 1 km de distancia de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao y 0 en caso contrario, lo que permite medir los efectos espaciales del transporte sobre la informalidad en la vivienda.

Cuadro 9: Revisión de la literatura nacional

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Aguirre (2012)	Presentar algunos de los efectos ocasionados por las infraestructuras de transporte que cuentan con contratos de concesión supervisados y regulados por el Ostrán.	Terminales portuarios concesionados en Perú.	Serie de tiempo: datos trimestrales del 2000-I al 2017-II.	N. A.	N. A.	Indicadores de desempeño	Identifica los impactos que estos contratos tienen en áreas como el crecimiento económico, la desigualdad y la pobreza, resaltando, además, la importancia del papel que desempeña el regulador del transporte en esta labor.
Flores y Chang (2020)	Examinar la conexión y evaluar el efecto entre la demanda de transporte concesionada y el crecimiento económico en el Perú.	Perú	Serie de tiempo: datos trimestrales del 2000-I al 2017-II.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pasajeros movilizados. ■ PIB per cápita. 1/ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pasajeros movilizados. ■ PIB per cápita. 1/ 	ARDL	El PIB impulsa el crecimiento del número de pasajeros ferroviarios. En particular, se estima que ante un incremento del 1% en el PIB la demanda de pasajeros ferroviarios se incrementa en 0,571%.
Del Carpio (2023)	Analizar el impacto de las inversiones en Asociaciones Público-Privadas (APP) para la infraestructura de transporte en el desarrollo económico del Perú.	Regiones del Perú.	Panel de datos: 24 obs. para los años 2008 al 2021.	<ul style="list-style-type: none"> ■ PIB e ingresos. ■ VDE 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Stock de capital ferroviario. 	Panel de integración y causalidad Granger.	Un incremento del 1% en la inversión en infraestructura ferroviaria concesionada genera un incremento del 0,08% en el desarrollo económico regional.
Contreras et al. (2024)	Medir el impacto de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao sobre la informalidad de las viviendas aledañas a las estaciones.	Viviendas ubicadas en Lima Metropolitana.	Datos de panel: para 11 741 viviendas de 2007 a 2019.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Informalidad de la vivienda (título de propiedad). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ <i>Dummy</i> que toma 1 para las viviendas a menos de 1 km de distancia y 0 en otro caso. 	DID	La Línea 1 del Metro tuvo un impacto positivo en la reducción de la informalidad de la vivienda en las zonas que se encuentran aledañas a sus estaciones.

Nota: N. A. es no aplica, ARDL es modelo autorregresivo de rezagos distribuidos, VDE es variables de desarrollo económico, DID es diferencias en diferencias.
1/ Los autores emplean una metodología para determinar causalidad estadística. Por ello, utilizan esta variable como dependiente y explicativa al mismo tiempo.

En cuanto a la metodología utilizada, [Aguirre \(2012\)](#) utiliza indicadores de desempeño para evaluar los efectos de las infraestructuras concesionadas; [Flores y Chang \(2020\)](#) aplican un modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL) para analizar la relación dinámica entre la demanda de transporte concesionado y el crecimiento económico; [Del Carpio \(2023\)](#) emplea un enfoque de panel con cointegración y causalidad Granger, que facilita el análisis de relaciones de largo plazo entre las inversiones en infraestructura ferroviaria y el desarrollo económico, y [Contreras et al. \(2024\)](#) utilizan el enfoque de diferencias en diferencias (DID) para medir el impacto causal de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao sobre la informalidad de las viviendas.

Con relación a los principales resultados, [Aguirre \(2012\)](#) identifica que los contratos de concesión en transporte generan impactos en áreas como el crecimiento económico, la desigualdad y la pobreza. [Flores y Chang \(2020\)](#) concluyen que el PIB impulsa el crecimiento del número de pasajeros ferroviarios. Específicamente, estiman que un incremento del 1 % en el PIB genera un aumento del 0,571 % en la demanda de pasajeros ferroviarios. [Del Carpio \(2023\)](#) encuentra que un aumento del 1 % en las inversiones en infraestructura ferroviaria concesionada resulta en un incremento del 0,08 % en el desarrollo económico regional, destacando el impacto positivo de las APP en el crecimiento económico a nivel local. [Contreras et al. \(2024\)](#) evidencian que la Línea 1 del Metro de Lima y Callao ha tenido un impacto positivo en la reducción de la informalidad de las viviendas en las zonas cercanas a sus estaciones, subrayando la capacidad del transporte público para promover transformaciones urbanas y sociales.

Existen numerosos estudios, tanto a nivel nacional como internacional, que analizan los efectos de las infraestructuras ferroviarias, en particular de las líneas de metro destinadas al transporte urbano de pasajeros. Este estudio contribuye a dicha literatura empírica al ofrecer una primera aproximación a los efectos de la implementación de la Línea 1, enfocándose especialmente en el ahorro de tiempo de viaje en comparación con otros medios de transporte. Para ello, se emplean técnicas de *web scraping* que permiten extraer información de tiempos de viaje desde Google Maps. A partir de esta información, se realizan comparaciones entre modos de transporte, siguiendo una metodología similar a la utilizada por [Fu y Gu \(2018\)](#).

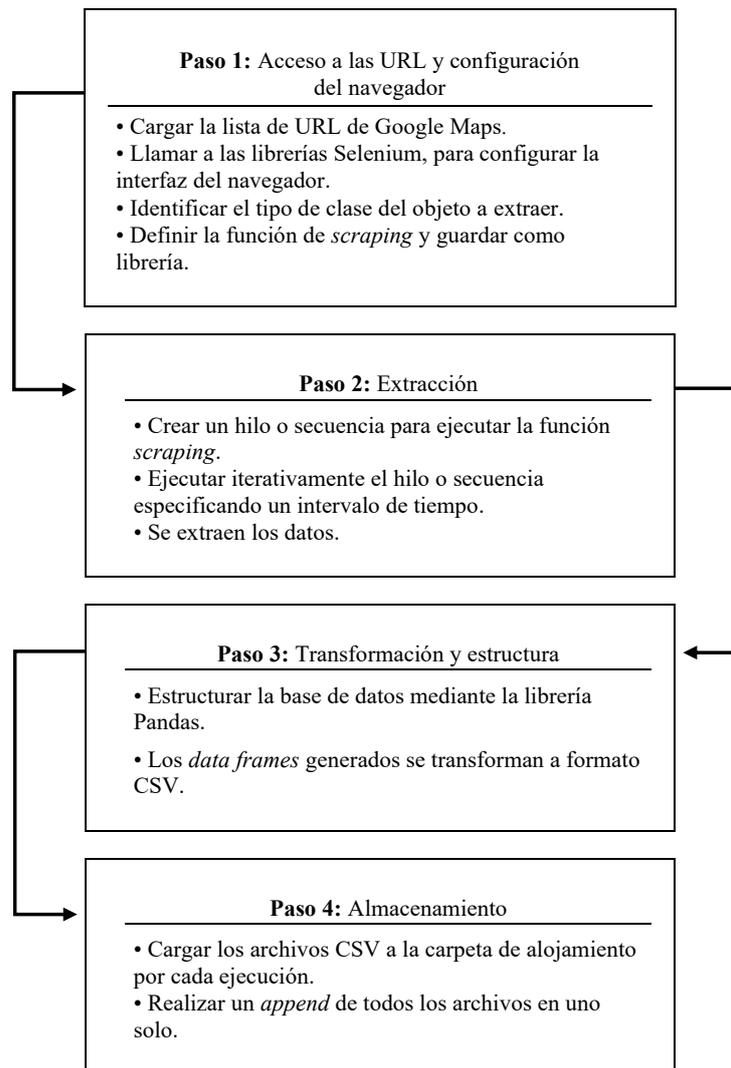
3. Estrategia empírica

El presente estudio tiene como objetivo analizar los beneficios derivados de la implementación de la Línea 1 sobre la reducción de los tiempos de viaje. Para evaluar el impacto de este sistema de transporte urbano se emplea un enfoque basado en el análisis que permite comparar los tiempos de viaje a través de la Línea 1 con los tiempos de viaje a través de otros medios de transporte. En este sentido, es necesario calcular el tiempo de viaje al emplear la Línea 1 para lo cual definimos este tiempo como la suma entre el tiempo efectivo de desplazamiento de un tren desde la estación de origen hasta el destino y el tiempo de espera del usuario para abordar el vagón. Matemáticamente, esto se muestra en la ecuación (1).

$$TTV_{i,j,t} = TEV_{i,j,t} + TEC_{i,t} \quad (1)$$

$$\forall i \neq j \wedge i, j = 1, 2, 3, \dots, N$$

Donde TTV representa el tiempo total de viaje desde la estación i hasta la estación j , TEV corresponde al tiempo efectivo de viaje; es decir, el intervalo que transcurre desde

Figura 2: Etapas del flujo secuencial del *web scraping*

Fuente: Elaboración propia adaptada de [Persson \(2019\)](#) y [Khder \(2021\)](#)

que el usuario aborda el vagón en la estación i hasta que llega a la estación j y TEC denota el tiempo de espera en cola que los usuarios experimentan antes de abordar el vagón en la estación donde se inicia el viaje, i .

Por otro lado, para calcular los beneficios en términos de ahorro de tiempo asociados a la Línea 1 es necesario calcular el tiempo que habrían demorado los usuarios en desplazarse, a la misma hora, utilizando otros medios de transporte disponibles. Estos medios alternativos, a diferencia de la Línea 1, están sujetos a los efectos de la congestión vehicular, la cual puede ir cambiando durante el transcurso del día; por tanto, es relevante hacer la comparación de tiempos de viaje en los mismos momentos del día.

Es cierto que, en principio, no es posible determinar cuánto tiempo habría tardado un usuario de la Línea 1 si hubiera optado por utilizar otro medio de transporte, dado que es físicamente imposible estar en ambos medios de transporte de manera simultánea. Sin embargo, la herramienta de Google Maps ofrece una solución a este problema, ya que permite calcular los tiempos de viaje en distintos medios de transporte para un mismo momento del

día. De este modo, es posible estimar la situación alternativa suponiendo que el viaje no se realiza a través de la Línea 1, sino a través de otro medio de transporte.

La herramienta de Google Maps proporciona datos sobre los tiempos de viaje y las distancias recorridas en diferentes medios de transporte, considerando taxi y otros tipos de transporte público que incluye líneas de metro y buses, caminata e incluso bicicleta. Dado que el transporte en bus es el medio que mejor sustituye a la Línea 1 debido a sus características similares, se utiliza como la principal alternativa de transporte en este análisis. No obstante, aunque el transporte en taxi, por sus características, no se considera un sustituto directo de la Línea 1 ya que presenta distintos costos de transporte y comodidad, se cree que, en algunas rutas, utilizar la Línea 1 del Metro de Lima y Callao puede resultar más beneficioso en términos de ahorro de tiempo. Por ello, dentro del análisis también incluye una comparación respecto a este medio de transporte.

Si bien es posible recopilar información desde Google Maps de forma manual, esta opción no es viable debido a la gran cantidad de estaciones, días y horarios considerados en el estudio. Por ello, se utilizaron técnicas de *web scraping*, las cuales permiten extraer de manera automatizada información desde distintas páginas web, en este caso, desde Google Maps. Esta técnica facilita el acceso a datos no estructurados disponibles en la web, agilizando su recolección y posterior análisis.

La técnica de *web scraping* implementada sigue una estructura automatizada y secuencial compuesta por cuatro pasos (ver figura 2). En el primer paso, se accede a las URL de interés¹ y se configura el navegador utilizando la librería Selenium. A continuación, en el segundo paso, se ejecuta la función de extracción en intervalos definidos de tiempo, lo que permite recopilar los datos de forma sistemática. Posteriormente, en el tercer paso, la información recolectada se transforma en estructuras tabulares utilizando la librería Pandas y se guarda en archivos con formato CSV. Finalmente, en el cuarto paso, dichos archivos se almacenan en una carpeta designada y se integran en una única base consolidada.

Como se indicó anteriormente, es fundamental calcular el tiempo de viaje en el mismo momento del día dado que la congestión vehicular influye significativamente en los tiempos de viaje de buses y taxis. Por esta razón, el análisis presentado en este documento abarca distintos momentos del día para capturar los beneficios tanto en horas punta como en horas valle de congestión vehicular. Asimismo, se reconoce que la congestión puede variar entre días de semana, ya que existe una gran proporción de personas que trabajan de lunes a viernes, incluso los sábados, lo que sugiere dinámicas diferentes al inicio y al final de la semana. Por otro lado, los días feriados, festivos o aquellos afectados por huelgas y paros de transportistas se excluyen del análisis, ya que representan datos atípicos que no reflejan la dinámica usual del uso de los medios de transporte urbano.

Una vez estimado el tiempo ahorrado por el uso de la Línea 1, se procede a valorarlo en términos monetarios mediante la estimación del valor social del tiempo propuesta por Bonifaz (2000). Este concepto permite cuantificar económicamente los beneficios asociados a la reducción de los tiempos de desplazamiento, tanto en viajes laborales como no laborales, dentro del marco de una evaluación social de proyectos. El valor social del tiempo se define como el valor económico que la sociedad asigna al tiempo que las personas dedican a trasladarse de un lugar a otro. Su cálculo se basa en una suma ponderada del valor del tiempo destinado al trabajo y del valor del tiempo destinado al ocio, según la proporción de viajes correspondientes a cada categoría, tal como se muestra en la ecuación (2).

¹Las URL de interés, correspondientes a las direcciones de Google Maps de todas las rutas incluidas en el análisis, fueron identificadas y recopiladas como paso previo a la implementación del *web scraping*.

$$VST = \alpha \cdot VTT + (1 - \alpha) \cdot VTO \quad (2)$$

Donde VST es el valor social del tiempo, VTT es el valor del tiempo de trabajo, VTO es el valor del tiempo de ocio y α es una medida de ponderación del valor del tiempo de trabajo. Siguiendo lo propuesto por [Calmet y Capurro \(2011\)](#), en términos prácticos, la medida de α será medida como el porcentaje de viajes de trabajo y de acuerdo a lo recomendado por [Gwilliam \(1997\)](#), el VTO será calculado como el 30% del VTT .

La reducción del tiempo de viaje es uno de los principales beneficios de la Línea 1; sin embargo, este medio de transporte también puede generar otros impactos positivos en la población de la zona de influencia del proyecto, como el aumento del valor de las viviendas cercanas a las estaciones, el impulso al comercio, la creación de nuevas oportunidades laborales y la disminución de la informalidad en las viviendas, como lo analizaron [Contreras et al. \(2024\)](#), entre otros. Si bien estos beneficios no son cuantificados en este documento, es preciso resaltar que la cuantificación de estos otros beneficios podría formar parte de la agenda pendiente para futuras investigaciones.

4. Datos

Mediante el uso de la herramienta de Google Maps se ha extraído información de tiempos de viaje de los medios de transporte como Línea 1, bus y taxi. Si bien la recopilación de información puede realizarse de manera manual, esto no resulta viable dado la gran cantidad de estaciones, días y horarios en los que se extrajo la información. Por ello, se desarrolló una biblioteca de *web scraping* en Python diseñada para extraer los tiempos de viaje de Google Maps. Los detalles del código utilizado se describen en el anexo [A.1](#) de este documento. Además, en el anexo [A.2](#) se presenta el código que facilita la ejecución y automatización de funciones del anexo [A.1](#) en Jupyter Notebook.

Como se puede observar en el cuadro [10](#), con los referidos códigos se ha extraído un total de 59 361 tiempos de viaje para tramos entre estaciones contiguas (19 644 para la Línea 1, 19 644 para el transporte en bus y 20 073 para el transporte en taxi) durante 19 días en intervalos desde las 6:00 hasta las 22:00 horas (ver cuadro [10](#)). Asimismo, se extrajo adicionalmente un total de 6118 tiempos de viaje (2035 para la Línea 1, 2047 para el transporte en bus y 2036 para el transporte en taxi) para tramos más largos que pasan por un conjunto de estaciones², estos tiempos de viaje adicionales fueron extraídos durante 8 días en intervalos horarios entre las 6:00 y las 21:00 horas (ver cuadro [11](#)). Cabe indicar que los días feriados, festivos o aquellos afectados por huelgas y paros de transportistas se excluyen del análisis, ya que representan datos atípicos que no reflejan la dinámica usual del uso de los medios de transporte urbano.

Por otro lado, los tiempos de espera en cola para los medios de transporte han sido tomados de fuentes secundarias. Al respecto, el tiempo de espera en cola de los usuarios de la Línea 1 ha sido tomado de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de los Usuarios 2023 del Ositrán (el detalle de los códigos empleados se presenta en el anexo [A.3](#) de este documento). Respecto del tiempo de espera del bus se ha tomado el dato publicado por Moovit en su página web, mientras que el tiempo de espera de un taxi ha sido tomado del estudio desarrollado por [Insardi y Lorenzo \(2020\)](#).

²Las estaciones iniciales y finales de los tramos largos se encuentran definidas en la sección de resultados.

Cuadro 10: Detalle de la información de tramos contiguos extraída de Google Maps

Fecha	Hora de recopilación de datos				Cantidad de datos recopilados		
	L1 y bus		Taxi		L1	Bus	Taxi
	Inicio	Fin	Inicio	Fin			
Lunes 04.11.24							
Lunes 18.11.24	06:11	21:55	06:14	21:58	3 521	3 521	3 527
Lunes 20.01.25							
Martes 05.11.24							
Martes 19.11.24	06:04	21:57	06:01	21:58	2 681	2 681	2 801
Martes 21.01.25							
Miércoles 06.11.24							
Miércoles 20.11.24	06:02	21:56	06:04	21:57	3 468	3 468	3 457
Miércoles 22.01.25							
Jueves 07.11.24							
Jueves 21.11.24	06:04	21:51	06:07	21:56	3 427	3 427	3 454
Jueves 23.01.25							
Viernes 08.11.24							
Viernes 22.11.24	06:09	21:56	06:16	21:59	2 992	2 992	3 027
Viernes 17.01.25							
Sábado 23.11.24	06:02	21:52	06:06	21:52	1 757	1 757	1 903
Sábado 18.01.25							
Domingo 24.11.24	06:10	21:48	06:14	21:50	1 798	1 798	1 904
Domingo 19.01.25							
Total					19 644	19 644	20 073

Fuente: Google Maps

Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao. Las estaciones iniciales y finales de los tramos largos se encuentran definidas en la sección de resultados.

Cuadro 11: Detalle de la información de tramos largos extraída de Google Maps

Fecha	Hora de recopilación de datos						Cantidad de datos recopilados		
	L1		Bus		Taxi		L1	Bus	Taxi
	Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin			
Lunes 03.03.2025	6:15	11:15	6:15	11:15	6:49	20:38	88	88	85
Lunes 24.03.2025	16:08	20:51	16:08	20:50	6:16	11:16	151	148	145
Martes 04.03.2025	6:49	20:34	6:49	20:33	16:09	20:51	296	295	296
Miércoles 05.03.2025	6:17	20:05	6:17	20:05	6:49	20:34	288	288	288
Jueves 06.03.2025	6:55	20:16	6:54	20:15	6:17	20:07	272	272	272
Viernes 07.03.2025	6:23	20:55	6:22	20:54	6:56	20:17	327	328	328
Sábado 15.03.2025	6:32	20:49	6:32	20:48	6:23	20:55	301	308	310
Domingo 09.03.2025	6:49	20:38	6:48	20:38	6:32	20:49	312	320	312
Total							2 035	2 047	2 036

Fuente: Google Maps

Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao. Las estaciones iniciales y finales de los tramos largos se encuentran definidas en la sección de resultados.

Para el cálculo del valor social del tiempo, se emplea información proveniente de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) del año 2023 elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI). En particular, de la referida encuesta se extrae el ingreso mensual bruto por persona y las horas trabajadas. Asimismo, para el cálculo de los intervalos que componen los niveles socioeconómicos (NSE) se ha tomado como referencia los valores calculados por la Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados (Apeim)³. En el anexo A.4 de este documento se presentan los códigos utilizados para realizar los cálculos en el software Stata 16.

5. Resultados

5.1. Comparación de los tiempos efectivos de viaje

El análisis inicial se centra exclusivamente en el tiempo efectivo de viaje, es decir, el tiempo de desplazamiento sin incluir el período de espera que los usuarios deben afrontar antes de abordar el medio de transporte. En el cuadro 12 se presenta un análisis comparativo de los tiempos de viaje promedio entre estaciones contiguas de la Línea 1 y dos modos de transporte alternativos: el bus y el taxi. La comparación se realiza según el día de la semana, abarcando un rango horario de 6:00 a 22:00 horas, con el objetivo de evaluar el desempeño del sistema de transporte ferroviario en términos de eficiencia temporal en relación con las demás opciones.

En términos generales, los resultados indican que la Línea 1 mantiene un tiempo de viaje significativamente inferior en comparación con los buses y taxis. En promedio, la Línea 1 registra un tiempo de desplazamiento de 2,82 minutos entre estaciones contiguas a lo largo de la semana, con una variación mínima entre los distintos días. En contraste, el bus presenta un tiempo de viaje promedio de 8,97 minutos, mientras que el taxi registra un tiempo promedio de 4,80 minutos. Estas cifras reflejan que la Línea 1 ofrece una alternativa de transporte considerablemente más rápida, con diferencias sustanciales en el tiempo de viaje. En promedio, la Línea 1 representa un ahorro de tiempo efectivo de viaje de 6,1 minutos por cada estación en comparación con el viaje en bus y un ahorro de 2,0 minutos por cada estación respecto de los taxis.

El ahorro de tiempo que ofrece la Línea 1 en comparación con los buses es consistente a lo largo de la semana, con valores que oscilan entre 5,93 minutos (sábado) y 6,37 minutos (domingo), con un promedio de 6,14 minutos en días laborables. Por otro lado, el ahorro de tiempo respecto al taxi es menor, con valores que fluctúan entre 1,35 minutos (domingo) y 2,23 minutos (viernes). No obstante, pese a que viajar en taxi representa una alternativa de características distintas a la Línea 1 en cuanto a comodidad y precio, se confirma que la Línea 1 sigue siendo la opción de transporte más rápida (sin considerar el tiempo de espera en cola), aunque con una diferencia menos pronunciada respecto al taxi.

El análisis según el día de la semana evidencia que el tiempo de viaje en la Línea 1 se mantiene prácticamente constante, con valores que varían entre 2,81 y 2,84 minutos entre estaciones contiguas. En contraste, los tiempos de viaje en buses y taxis presentan mayores fluctuaciones, lo que refleja la influencia de factores externos como el tráfico vehicular. Se observa que los tiempos de viaje más prolongados en los buses ocurren los domingos (9,18 minutos), mientras que los menores tiempos se registran los sábados (8,74 minutos). En el caso

³Documento disponible en: <https://apeim.com.pe/wp-content/uploads/2024/01/APEIM-Informe-de-Niveles-Socioeconomicos-2023-2024-Version-WEB.pdf>

de los taxis, los tiempos de viaje más largos se reportan los viernes (5,05 minutos), mientras que los menores se presentan los domingos (4,16 minutos). Estas diferencias podrían estar relacionadas con variaciones en la demanda y la congestión vehicular durante los distintos días de la semana.

Por otro lado, el análisis de la desviación estándar (D. E.) evidencia que la Línea 1 presenta la menor variabilidad en los tiempos de viaje, con una D. E. de 0,01 minutos en días laborables y 0,00 en fines de semana. Esta estabilidad indica que la Línea 1 es una alternativa altamente confiable en términos de predictibilidad del tiempo de viaje. En contraste, los buses y taxis presentan mayores variaciones en su desempeño temporal, especialmente durante los fines de semana, donde la desviación estándar alcanza valores de 0,22 minutos en buses y 0,33 minutos en taxis. Estos resultados evidencian que los medios de transporte que dependen de la red vial están sujetos a una mayor incertidumbre en sus tiempos de viaje.

Cuadro 12: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según día de la semana (Minutos)

	Tiempo de viaje			Ahorro de tiempo de L1	
	L1 [a]	Bus [b]	Taxi [c]	Respecto bus [d] = [a] - [b]	Respecto taxi [e] = [a] - [c]
Lunes	2,83	9,07	4,75	-6,24	-1,92
Martes	2,82	8,88	4,93	-6,06	-2,11
Miércoles	2,84	8,98	4,94	-6,14	-2,11
Jueves	2,83	8,96	4,92	-6,13	-2,09
Viernes	2,82	9,02	5,05	-6,20	-2,23
Sábado	2,81	8,74	4,82	-5,93	-2,01
Domingo	2,81	9,18	4,16	-6,37	-1,35
Promedio toda la semana	2,82	8,97	4,80		
Promedio de lunes a viernes	2,83	8,98	4,92		
Promedio sábado y domingo	2,81	8,96	4,49		
D. E. toda la semana	0,01	0,13	0,28		
D. E. de lunes a viernes	0,01	0,06	0,09		
D. E. de sábado y domingo	0,00	0,22	0,33		

Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao, D. E. es desviación estándar. El cuadro considera tiempos de viaje promedio entre estaciones contiguas (con dirección hacia la estación de Villa el Salvador y Bayóvar) para distintos momentos del día, desde las 6:00 hasta las 22:00 horas.

En las figuras 3 y 4 se presentan gráficos de cajas que permiten comparar la distribución de los tiempos de viaje entre estaciones contiguas de la Línea 1 con el transporte en bus y taxi. En las referidas figuras se muestra de manera gráfica que, los tiempos de viaje de la Línea 1 presentan la menor dispersión y presencia de valores atípicos en comparación con los servicios de taxi y bus, lo que evidencia un servicio altamente regular. En contraste, los taxis y, especialmente los buses, muestran mayor dispersión y un número considerable de valores atípicos. Este patrón confirma que los modos de transporte que operan sobre la infraestructura vial enfrentan una mayor variabilidad e imprevisibilidad en sus tiempos de viaje, lo que puede atribuirse a la congestión, cambios en la demanda y otros factores externos.

El cuadro 13 presenta una comparación de los tiempos efectivos de viaje promedio entre estaciones contiguas de la Línea 1, el bus y el taxi, considerando la dirección de desplazamiento: hacia Villa el Salvador (VES) y hacia Bayóvar (BAY). Este análisis permite identificar posibles diferencias en los tiempos de viaje según el sentido del recorrido, lo que puede estar influenciado por factores como la demanda de pasajeros, las condiciones del tráfico en el caso

del bus y el taxi.

Los resultados muestran que la Línea 1 mantiene tiempos de viaje prácticamente constantes en ambas direcciones, con valores de 2,82 minutos hacia VES y 2,83 minutos hacia BAY, lo que refleja una diferencia mínima de 0,02 minutos. Esta ligera variación indica que el sistema ferroviario opera con un alto nivel de estabilidad y regularidad, independientemente del sentido del viaje. La infraestructura propia de la Línea 1, que no se ve afectada por la congestión vehicular, garantiza tiempos de desplazamiento homogéneos en ambas direcciones.

Por otro lado, los tiempos de viaje en el bus presentan una diferencia más significativa. Mientras que el promedio en la dirección hacia VES es de 8,67 minutos, en la dirección hacia BAY asciende a 9,28 minutos, lo que representa una diferencia de 0,61 minutos. Esta variación sugiere que los factores externos, como la congestión vehicular o la distribución de pasajeros en el recorrido, pueden impactar de manera diferencial según la dirección del viaje. Es posible que el tráfico sea más denso en determinadas franjas horarias o que la demanda de usuarios varíe entre ambos sentidos, afectando el desempeño del bus.

En el caso del taxi, se observa una tendencia opuesta a la del bus, pues el tiempo promedio de viaje hacia VES es de 4,88 minutos, mientras que hacia BAY es ligeramente menor, con 4,78 minutos, resultando en una diferencia de 0,10 minutos. Aunque esta variación es mínima, podría estar relacionada con factores como la distribución de semáforos, la fluidez del tráfico en ciertas secciones del trayecto o incluso las decisiones de ruta tomadas por los conductores de taxi en función de la congestión vehicular.

Cuadro 13: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según dirección de viaje (Minutos)

	Dirección VES [a]	Dirección BAY [b]	Diferencia [c] = [a] - [b]
L1	2,82	2,83	-0,02
Bus	8,67	9,28	-0,61
Taxi	4,88	4,78	0,10

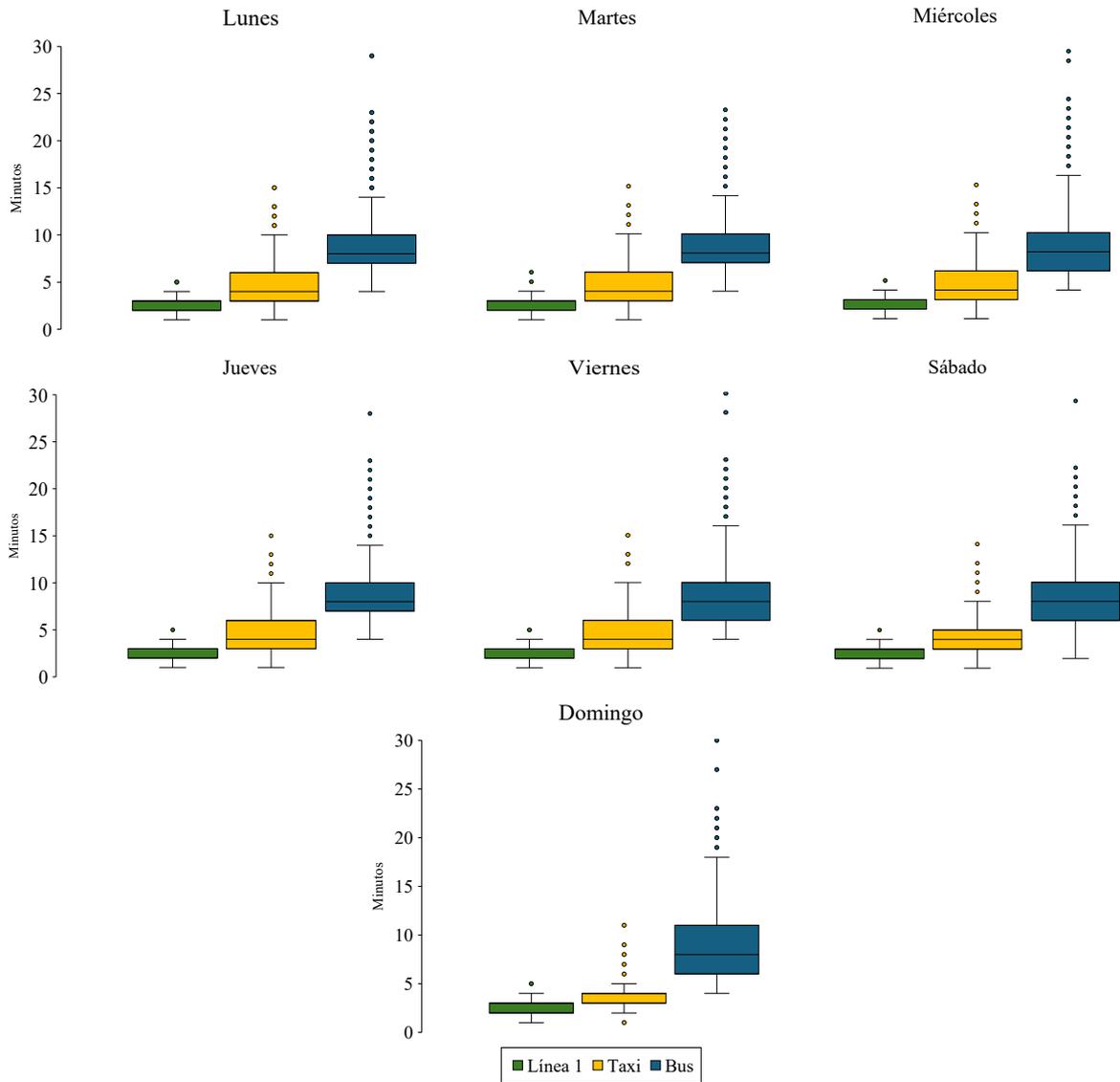
Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao, VES es la estación de Villa el Salvador, BAY es la estación de Bayóvar. El cuadro considera tiempos de viaje promedio entre estaciones contiguas (con dirección hacia la estación de Villa el Salvador y Bayóvar) para distintos momentos del día, desde las 6:00 hasta las 22:00 horas.

El cuadro 14 presenta una comparación detallada de los tiempos de viaje efectivo promedio entre estaciones contiguas en la Línea 1, el bus y el taxi, según el horario de viaje y la dirección del recorrido, ya sea hacia Villa el Salvador (VES) o Bayóvar (BAY). Además, en este cuadro se calcula el ahorro de tiempo que representa la Línea 1 con respecto a los otros dos modos de transporte en diferentes momentos del día. Este análisis permite evaluar la eficiencia y regularidad del sistema de transporte ferroviario en comparación con alternativas viales sujetas a congestión y variabilidad en la demanda.

Al comparar los tiempos efectivos de viaje, se encuentra que el ahorro de tiempo proporcionado por la Línea 1 en comparación con el bus es considerable, alcanzando un promedio de 5,85 minutos en la dirección a VES y 6,45 minutos en la dirección a BAY. En cuanto al taxi, la diferencia es menor, pero sigue siendo significativa, con un ahorro de 2,06 minutos hacia VES y 1,95 minutos hacia BAY. Estos resultados confirman que la Línea 1 representa la opción más rápida en términos de tiempo de viaje, independientemente de la dirección del recorrido.

El análisis de los tiempos efectivos de viaje según el horario revela que la Línea 1 mantiene una alta estabilidad en su desempeño, con variaciones mínimas a lo largo del día. En

Figura 3: Comparación de dispersiones de tiempos de viaje entre estaciones contiguas de lunes a domingo (Minutos)



Fuente: Google Maps

cambio, los tiempos de viaje en buses y taxis muestran fluctuaciones significativas, reflejando la influencia de la demanda de pasajeros y la congestión vial en distintos momentos del día.

En la dirección hacia VES, el tiempo de viaje en bus varía entre 7,99 minutos a las 18:00 y 19:00 h y 10,15 minutos entre las 21:00 y 22:00 h, lo que indica que la congestión vehicular tiene un impacto significativo en horas punta nocturnas. En cuanto a los taxis, los tiempos de viaje oscilan entre 4,03 minutos entre las 6:00 y 7:00 h y 5,57 minutos entre las 18:00 y 19:00 h, evidenciando también una mayor duración en la tarde y noche.

En la dirección hacia BAY, el comportamiento es similar, pero con tiempos de viaje en bus más elevados, alcanzando un mínimo de 8,94 minutos entre las 7:00 y 8:00 h y un máximo de 10,94 minutos entre las 21:00 y 22:00 h. Los taxis presentan una menor variabilidad, con valores que fluctúan entre 4,13 minutos entre las 6:00 y 7:00 h y 5,37 minutos entre las 8:00 y 9:00 h. Estos resultados sugieren que los tiempos de viaje en el transporte vial se ven particularmente afectados por la congestión en las últimas horas del día.

Por otro lado, el ahorro de tiempo proporcionado por la Línea 1 es consistente a lo largo del día. En comparación con el bus, el mayor ahorro de tiempo se registra en horarios nocturnos, con 7,31 minutos entre las 21:00 y 22:00 h en la dirección a VES y 8,10 minutos entre las 21:00 y 22:00 h en la dirección a BAY. Esto evidencia que la congestión vehicular nocturna afecta de manera más drástica al bus, mientras que la Línea 1 mantiene su regularidad. Asimismo, el menor ahorro de tiempo en comparación con el bus se observa en la mañana, particularmente entre las 6:00 y 7:00 h en la dirección a VES (5,33 minutos) y en la dirección a BAY (6,20 minutos), lo que podría indicar que el tráfico es más fluido en esas horas, reduciendo la ventaja relativa del metro.

En cuanto al ahorro de tiempo respecto al taxi, las diferencias son menores, pero siguen siendo significativas. La mayor diferencia se registra en horarios de la tarde y noche, con un máximo de 2,75 minutos entre las 18:00 y 19:00 h en la dirección a VES y 2,56 minutos entre las 8:00 y 9:00 h en la dirección a BAY. Estos datos sugieren que el taxi experimenta mayores tiempos de viaje en horas de mayor tráfico, mientras que en las mañanas las diferencias con la Línea 1 son menos pronunciadas.

Por último, el análisis de la desviación estándar (D. E.) revela que la Línea 1 presenta la menor variabilidad en sus tiempos de viaje, con valores de 0,01 minutos en ambas direcciones, lo que confirma su alta confiabilidad y regularidad. En contraste, el bus presenta una mayor variabilidad, con una desviación estándar de 0,47 minutos en la dirección a VES y 0,54 minutos en la dirección a BAY, reflejando la influencia de la congestión vehicular en su desempeño. El taxi, por su parte, muestra una menor variabilidad en comparación con el bus, pero sigue siendo mayor que la Línea 1, con valores de 0,38 minutos en la dirección a VES y 0,35 minutos en la dirección a BAY.

La figura 4 presenta una comparación del promedio de tiempos de viaje por día de la semana de los tiempos efectivos de viaje promedio entre estaciones contiguas de la Línea 1, el taxi y el bus. Se observa que la Línea 1 mantiene una alta estabilidad en sus tiempos de viaje durante todo el día, con ligeras variaciones a lo largo de las diferentes horas y días de la semana. En comparación con el bus y taxi, la Línea 1 presenta un ahorro de tiempo considerable y consistente, ya que los tiempos promedio de estos dos medios de transporte son significativamente mayores en todas las franjas horarias, particularmente en las noches, donde la brecha tiende a incrementarse.

El incremento de brecha por las noches muestra la creciente ineficiencia del transporte vial durante estas horas⁴ ya que es donde el tráfico vehicular alcanza su punto más crítico.

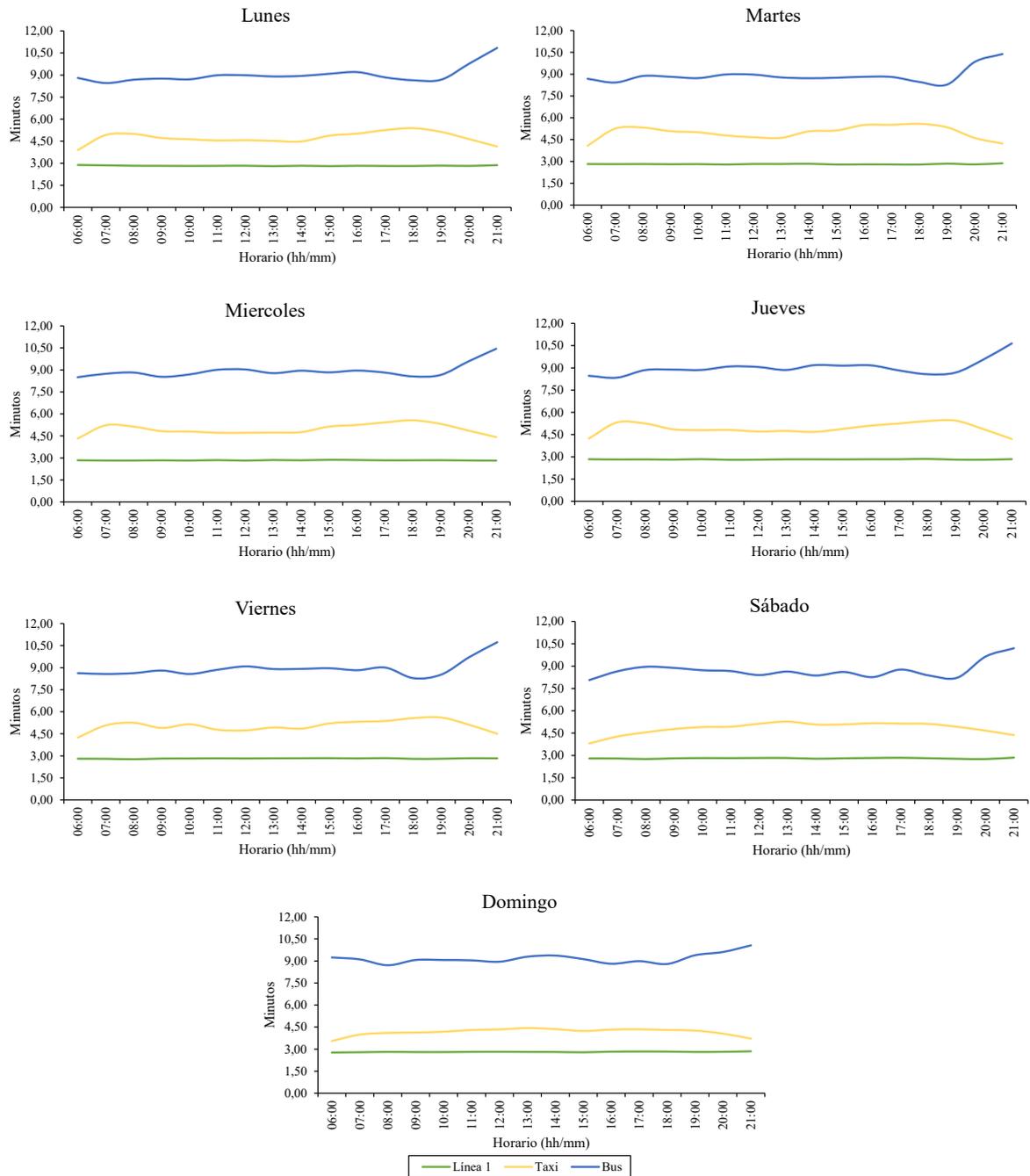
⁴De acuerdo con la Asociación Automotriz del Perú, el marcado colapso vehicular en Lima evidencia que,

Cuadro 14: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según horario de viaje (Minutos)

	Tiempo de viaje			Ahorro de tiempo de L1	
	L1 [a]	Bus [b]	Taxi [c]	Respecto bus [d] = [a] - [b]	Respecto taxi [e] = [a] - [c]
Dirección a VES					
6:00 - 7:00 h	2,82	8,15	4,03	-5,33	-1,21
7:00 - 8:00 h	2,81	8,14	4,74	-5,34	-1,93
8:00 - 9:00 h	2,82	8,51	4,77	-5,69	-1,95
9:00 - 10:00 h	2,81	8,59	4,68	-5,78	-1,87
10:00 - 11:00 h	2,81	8,57	4,79	-5,76	-1,97
11:00 - 12:00 h	2,82	8,76	4,77	-5,94	-1,95
12:00 - 13:00 h	2,81	8,71	4,77	-5,90	-1,96
13:00 - 14:00 h	2,82	8,67	4,78	-5,85	-1,97
14:00 - 15:00 h	2,83	8,79	4,83	-5,96	-2,00
15:00 - 16:00 h	2,81	8,73	5,01	-5,92	-2,20
16:00 - 17:00 h	2,82	8,73	5,17	-5,91	-2,35
17:00 - 18:00 h	2,82	8,45	5,38	-5,64	-2,56
18:00 - 19:00 h	2,82	7,99	5,57	-5,16	-2,75
19:00 - 20:00 h	2,81	8,34	5,48	-5,52	-2,67
20:00 - 21:00 h	2,80	9,00	4,95	-6,20	-2,15
21:00 - 22:00 h	2,85	10,15	4,38	-7,31	-1,53
Dirección BAY					
6:00 - 7:00 h	2,83	9,04	4,13	-6,20	-1,30
7:00 - 8:00 h	2,84	8,94	5,27	-6,10	-2,43
8:00 - 9:00 h	2,82	9,04	5,37	-6,22	-2,56
9:00 - 10:00 h	2,83	9,02	4,95	-6,19	-2,12
10:00 - 11:00 h	2,84	8,95	4,73	-6,11	-1,89
11:00 - 12:00 h	2,83	9,17	4,67	-6,35	-1,84
12:00 - 13:00 h	2,84	9,25	4,59	-6,41	-1,75
13:00 - 14:00 h	2,84	9,10	4,67	-6,26	-1,83
14:00 - 15:00 h	2,83	9,20	4,58	-6,37	-1,75
15:00 - 16:00 h	2,84	9,19	4,83	-6,35	-1,99
16:00 - 17:00 h	2,84	9,12	5,05	-6,28	-2,21
17:00 - 18:00 h	2,85	9,21	5,07	-6,36	-2,23
18:00 - 19:00 h	2,83	9,01	5,11	-6,17	-2,27
19:00 - 20:00 h	2,83	8,99	4,90	-6,16	-2,08
20:00 - 21:00 h	2,83	10,38	4,44	-7,54	-1,60
21:00 - 22:00 h	2,84	10,94	4,15	-8,10	-1,31
D. E. dirección VES	0,01	0,47	0,38		
D. E. dirección BAY	0,01	0,54	0,35		

Nota: L1 es Línea 1 del Metro de Lima y Callao, D. E. es desviación estándar, VES es la estación de Villa el Salvador, BAY es la estación de Bayóvar.

Figura 4: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según día de la semana (Minutos)



Fuente: Google Maps

Esta situación incide directamente en los tiempos de viaje de los buses, los cuales muestran una clara tendencia al alza conforme avanza el día, especialmente en el horario desde las 19:00 hasta las 21:00 horas. Sin embargo, los tiempos de viajes de los taxis muestran una ligera tendencia a la baja, que probablemente se deba a la facilidad de rutas alternas con el objetivo de evitar los atolladeros provocados por el tráfico. Así, mientras que la Línea 1 del Metro mantiene tiempos de viaje estables y significativamente menores, los modos de transporte dependientes de la vía presentan una mayor variabilidad y tiempos más prolongados.

5.2. Comparación de los tiempos de viaje considerando tiempo de espera

En esta subsección se va a comparar los tiempos de viaje de los distintos medios de transporte; sin embargo, esta vez se incluye el tiempo de espera en cola que tienen que afrontar los usuarios al momento de tomar cada uno de estos medios de transporte; hasta el momento, en la subsección anterior se ha observado que la Línea 1 presenta menor tiempo de viaje en comparación al bus y al taxi; sin embargo en esta subsección vamos a analizar si esto se cumple aun si consideramos el tiempo de espera en cola.

Dado que, al igual que el tiempo efectivo de viaje, el tiempo de espera en cola varía a lo largo del día y según las estaciones, se decidió centrarse en el análisis de las rutas de mayor frecuencia. Para ello, se ha considerado analizar la demanda de pasajeros de la Línea 1. El cuadro 15 presenta dicha demanda durante el año 2024, expresada en miles de pasajeros por estación⁵ y franja horaria. La información contenida en este cuadro permite examinar los patrones de movilidad a lo largo del día, identificando las horas de mayor afluencia y las estaciones con la mayor concentración de usuarios. Se observa que las horas pico, tanto en la mañana como en la tarde, registran los valores más elevados, reflejando una alta demanda en los trayectos hacia y desde los principales centros laborales, educativos y comerciales.

Las estaciones están ordenadas desde Villa El Salvador hasta Bayóvar, lo que permite visualizar cómo varía la afluencia de pasajeros a lo largo del recorrido de la Línea 1. Se pueden identificar estaciones con una mayor concentración de usuarios en determinados horarios, lo que indica su importancia dentro del sistema de transporte. Además, la mayor intensidad del color rojo en el cuadro señala los momentos de mayor congestión, facilitando la identificación de los tramos y horarios frecuentes de la demanda de pasajeros en la Línea 1.

Dado que únicamente se registra el ingreso de los pasajeros, sin tomar en cuenta su salida, se observa que una gran cantidad de usuarios accede en las primeras horas del día a las estaciones situadas en los polos de la Línea 1, como Villa El Salvador y Bayóvar. En cambio, por la tarde, los pasajeros tienden a ingresar en las estaciones más céntricas, tales como Angamos, La Cultura, Gamarra y Miguel Grau. Este patrón sugiere que es común que los usuarios viajen por la mañana desde las estaciones periféricas hacia las centrales, y por la tarde, realicen el trayecto inverso, regresando a las estaciones situadas en los polos. A partir de los datos presentados en el cuadro, se han identificado las rutas de mayor frecuencia, asumiendo que aquellos pasajeros que utilizan una ruta por la mañana suelen regresar por la misma vía en la tarde. Las rutas con mayor afluencia (con una cantidad superior a un millón de pasajeros en 2024) se encuentran detalladas en el cuadro 16.

En el cuadro 17 se presenta el tiempo de viaje efectivo para cada una de estas rutas

en los horarios nocturnos las velocidades de los vehículos descienden hasta los 11 km/h; es decir, presentan una velocidad inferior a la velocidad promedio de un ciclista (12 a 15 km/h). Revisar: <https://aap.org.pe/colapso-vehicular-en-lima-la-velocidad-promedio-cae-hasta-11-km-h-en-las-noches/>

⁵Las abreviaturas de los nombres de las estaciones se encuentran detalladas en el anexo A.5 de este documento.

Cuadro 15: Demanda de pasajeros de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao en el año 2024 (Miles de pasajeros)

	Rango horario (horas)																													
	6:00-7:00		7:00-8:00		8:00-9:00		9:00-10:00		10:00-11:00		11:00-12:00		12:00-13:00		13:00-14:00		14:00-15:00		15:00-16:00		16:00-17:00		17:00-18:00		18:00-19:00		19:00-20:00		20:00-21:00	
	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	25:00	26:00	27:00	28:00	29:00	30:00	31:00	32:00	33:00	34:00	35:00
VES	1 359,4	1 586,8	1 422,4	1 004,8	784,9	632,5	597,1	603,8	578,7	555,8	527,9	604,1	598,3	439,1	275,6															
PIN	421,1	557,3	428,2	269,4	199,2	159,2	148,8	156,8	148,5	140,7	141,3	191,6	189,9	116,6	67,9															
PUM	537,6	652,1	517,5	308,7	221,7	169,3	154,8	158,1	145,5	143,2	137,4	166,9	140,9	91,2	61,0															
VMA	739,4	886,2	785,9	581,7	460,9	377,6	366,9	362,7	325,0	313,4	290,4	350,2	308,1	202,7	139,7															
MAU	661,5	811,4	744,6	509,9	389,2	316,0	292,8	302,2	270,6	257,0	241,7	272,4	261,2	203,7	123,2															
SJU	459,7	655,9	590,0	438,7	357,5	303,7	276,5	280,8	270,6	261,2	245,2	257,9	262,5	192,1	129,5															
ATO	335,9	559,9	542,3	459,0	416,7	391,8	389,3	404,6	406,2	403,2	437,5	537,5	604,9	531,2	387,6															
JCH	135,1	289,3	255,9	200,6	210,8	191,2	189,0	194,1	185,9	182,9	204,8	289,5	317,0	252,7	163,9															
AYA	124,7	239,6	218,3	169,0	161,0	153,8	159,4	195,2	196,5	206,5	248,0	402,1	479,9	391,2	250,6															
CAB	95,7	215,5	190,2	161,8	185,4	209,3	245,0	361,9	347,0	378,8	497,0	858,8	998,3	895,7	645,7															
ANG	142,6	320,1	301,3	307,3	348,1	390,4	434,0	544,1	544,6	616,7	803,1	1 119,2	1 205,4	1 113,4	883,2															
SBS	50,7	126,5	104,4	97,1	107,3	112,5	123,6	166,8	163,8	190,4	264,9	464,3	551,4	510,5	322,7															
CUL	250,1	480,3	381,0	380,6	428,8	491,7	586,0	790,8	765,4	821,5	1 074,9	1 766,7	2 103,2	1 966,1	1 440,7															
NAR	141,8	274,1	212,3	175,6	168,0	173,0	206,9	286,6	285,7	315,9	386,0	713,6	934,8	864,5	673,2															
GAM	124,4	227,0	239,7	276,4	432,5	724,8	1 032,4	1 207,0	1 204,4	1 280,8	1 485,9	1 837,6	2 159,4	2 331,6	2 114,2															
MIG	359,1	626,9	598,4	496,1	519,4	597,4	723,4	884,6	933,4	934,9	1 046,1	1 403,7	1 696,4	1 563,0	1 366,6															
ELA	25,2	51,3	45,4	33,4	32,4	35,8	41,5	44,4	38,4	41,4	46,5	54,0	62,4	50,6	31,6															
PRE	99,2	184,1	151,2	101,1	84,1	75,6	84,4	101,2	103,7	103,7	114,4	176,6	231,6	205,0	120,5															
CAA	449,5	648,3	647,2	540,1	475,1	412,5	423,3	450,1	448,3	463,7	486,4	606,9	651,7	596,2	516,6															
PIR	307,0	482,6	466,8	375,8	317,0	269,3	264,5	267,9	280,2	278,3	295,7	385,0	455,9	400,7	275,7															
JAR	418,7	525,9	534,7	467,6	371,1	315,1	302,0	300,7	299,6	289,8	296,8	345,9	381,1	301,3	223,1															
POS	416,4	515,1	498,6	419,7	301,7	231,2	213,4	200,8	206,5	198,2	193,6	217,3	198,8	142,9	99,0															
SCA	563,3	648,3	608,6	504,4	396,8	319,7	299,9	307,6	311,5	288,4	290,9	311,6	303,7	225,5	168,1															
SMA	556,0	684,3	629,2	481,0	366,6	306,3	319,4	291,6	283,5	288,4	285,2	296,9	291,0	194,7	145,4															
SRO	553,8	638,2	597,4	486,2	373,5	296,2	275,3	274,6	265,0	269,3	254,3	273,0	258,6	197,5	127,8															
BAY	1 862,1	2 137,6	1 907,9	1 455,3	1 038,5	805,3	749,6	757,1	729,5	721,4	673,9	700,9	639,0	443,2	302,3															

Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Ositrán)

Nota: el cuadro registra la cantidad de pasajeros que ingresan a cada estación por cada rango horario. Las estaciones se encuentran ordenadas desde Villa el Salvador hasta Bayóvar. La mayor intensidad del color rojo hace referencia a una mayor cantidad de pasajeros.

Cuadro 16: Rutas frecuentes en la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

Ruta: origen → destino	
Mañana (de 6:00 a 11:00 horas)	Tarde (de 16:00 a 20:00 horas)
VES → ANG	ANG → VES
VES → CUL	ANG → BAY
VES → GAM	CUL → VES
VES → MIG	CUL → BAY
BAY → ANG	GAM → VES
BAY → CUL	GAM → BAY
BAY → GAM	MIG → VES
BAY → MIG	MIG → BAY

Nota: las rutas frecuentes han sido determinadas considerando solo aquellas estaciones que cuentan con una cantidad superior a un millón de pasajeros en el año 2024. Se ha supuesto que las personas que viajan por una ruta en la mañana regresan por esa misma ruta por la tarde.

de tramos largos. El promedio del tiempo de espera en cola (TEC) ha sido tomado de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de Usuarios 2023 realizada por Ositrán. Es importante señalar que el tiempo de espera en cola para la Línea 1 incluye tanto el tiempo promedio de espera para ingresar a la estación como el tiempo promedio de espera del tren⁶ (4,5 minutos). De igual manera, el tiempo de viaje en bus considera el tiempo promedio de espera de los autobuses (11 minutos), según la información proporcionada por la página web de Moovit, mientras que el tiempo de viaje en taxi incluye el tiempo promedio de espera de los taxis (6,9 minutos). Dado que no se dispone de datos sobre el tiempo promedio de espera de taxis para Lima, se ha tomado como referencia el dato calculado por [Insardi y Lorenzo \(2020\)](#) para la ciudad de São Paulo, Brasil.

El cuadro 17 muestra que, durante el horario de la mañana (de 6:00 a 11:00 horas), el tiempo total de viaje promedio utilizando la Línea 1 es de 51,7 minutos, mientras que para el bus asciende a 80,7 minutos y para el taxi a 55,4 minutos. Esto se traduce en un ahorro promedio de 29,0 minutos en comparación con el bus y de 3,7 minutos respecto al taxi. En el análisis por rutas, la mayor reducción de tiempo frente al bus se observa en el trayecto VES → GAM, con un ahorro de 42,1 minutos. En relación con el taxi, también se evidencia un ahorro de tiempo, aunque en menor magnitud que con los buses. La ruta con el mayor ahorro es la de BAY → ANG, con una reducción de 9,3 minutos. Cabe indicar que, pese a ello existen rutas en las que la diferencia con el taxi resulta ser desfavorable como VES → ANG y VES → CUL.

Por otro lado, en el horario de la tarde (de 16:00 a 20:00 horas), el tiempo total de viaje promedio en la Línea 1 es de 62,5 minutos, mientras que para el bus es de 84,0 minutos y para el taxi es de 57,2 minutos. En este caso, el ahorro promedio en comparación con el bus es de 21,5 minutos. Al igual que en el horario de la mañana, los trayectos de mayor ahorro de tiempo frente al bus corresponden a los viajes de mayor distancia, como MIG → VES con una reducción de 38,6 minutos. Cabe señalar que, al comparar los tiempos de viaje entre la Línea 1 y el servicio de taxi, se observa que en la mayoría de rutas, el desplazamiento en taxi resulta más rápido. Este resultado se explica principalmente por los mayores tiempos de espera en cola reportados por los usuarios en la Línea 1 durante las horas de la tarde, en comparación con los registrados en la mañana.

⁶El tiempo promedio de espera del tren ha sido determinado a partir del tiempo que tarda en pasar cada tren según la información publicada en la página web del concesionario. Disponible en: <https://www.lineauno.pe/noticias/comunicado-22/>.

Cuadro 17: Cálculo del ahorro de tiempo de viajar en las rutas frecuentes de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao (Minutos)

Horario	Ruta	Línea 1			Taxi ^{3/}	Ahorro de tiempo		
		TEV [a]	TEC ^{1/} [b]	TTV [c] = [a] + [b]		Bus ^{2/} [d]	Respecto bus [f] = [c] - [d]	Respecto taxi [g] = [c] - [e]
Mañana (de 6:00 a 11:00 horas)	VES → ANG	22	26,2	48,2	46,2	75,4	-27,2	2,0
	VES → CUL	27	26,2	53,2	50,6	85,5	-32,2	2,6
	VES → GAM	31	26,2	57,2	59,9	99,3	-42,1	-2,6
	VES → MIG	36	26,2	62,2	64,2	95,7	-33,5	-2,0
	BAY → ANG	30	23,4	53,4	62,6	86,1	-32,7	-9,3
	BAY → CUL	26	23,4	49,4	56,7	75,1	-25,7	-7,3
	BAY → GAM	23	23,4	46,4	52,7	66,6	-20,2	-6,3
	BAY → MIG	20	23,4	43,4	50,4	62,0	-18,7	-7,1
	Promedio	26,9	24,8	51,7	55,4	80,7	-29,0	-3,7
	Tarde (de 16:00 a 20:00 horas)	ANG → VES	24	29,2	53,2	48,6	81,6	-28,4
ANG → BAY		32	29,2	61,2	66,2	83,0	-21,8	-5,0
CUL → VES		28	33,3	61,3	51,5	91,7	-30,5	9,8
CUL → BAY		27	33,3	60,3	57,9	74,6	-14,4	2,3
GAM → VES		33	39,6	72,6	62,5	104,9	-32,3	10,2
GAM → BAY		23	39,6	62,6	57,0	66,2	-3,5	5,6
MIG → VES		36	34,9	70,9	63,4	109,5	-38,6	7,5
MIG → BAY		23	34,9	57,9	50,1	60,5	-2,7	7,8
Promedio		28,3	34,2	62,5	57,2	84,0	-21,5	5,3

Nota: TEV es tiempo efectivo de viaje, TEC es tiempo de espera en cola y TTV es el tiempo total de viaje. Los TEV han sido calculados como la suma de TVE entre las estaciones contiguas. El TEV ha sido extraído de Google Maps.

^{1/} El promedio de tiempo de espera en cola ha sido calculado a partir de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de Usuarios 2023 del Ostrán que incluye el tiempo promedio de cola para ingresar a la estación y un tiempo promedio de espera del tren (4,5 min) que ha sido calculado como el promedio del tiempo que tarda en pasar un tren que se encuentra publicado en la página web del concesionario, disponible en: <https://www.lineauno.pe/noticias/comunicado-22/>.

^{2/} Incluye el tiempo efectivo de viaje y el tiempo promedio de espera del bus (11 min). El tiempo de espera ha sido tomado de la página web de Moovit, disponible en: <https://moovitapp.com/insights/en/Moovit-Insights-Public-Transit-Index-countries>.

^{3/} Incluye el tiempo efectivo de viaje y el tiempo promedio de espera del taxi a través del aplicativo Uber (6,9 min). Dado que no se cuenta con el dato de tiempo promedio de espera para Lima se ha considerado el dato calculado por Insardi y Lorenzo (2019) para la ciudad de São Paulo, Brasil.

De manera complementaria, la figura 5 presenta la distribución del ahorro de tiempo en las rutas frecuentes de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao. La figura compara el desempeño de la Línea 1 frente a los tiempos de viaje en bus y taxi, diferenciando por la dirección del desplazamiento (hacia la estación Villa El Salvador o hacia la estación Bayóvar) y el momento del día (mañana o tarde).

En la referida figura se observa que el mayor ahorro promedio de tiempo se registra frente al servicio de bus. Durante las mañanas, los viajes en rutas frecuentes con dirección a la estación Bayóvar (panel 5b) presentan un ahorro promedio de 33,8 minutos, mientras que hacia la estación Villa El Salvador (panel 5a) el ahorro alcanza los 24,2 minutos. Por la tarde, si bien las diferencias se reducen, la Línea 1 sigue siendo considerablemente más rápida, los usuarios ahorran en promedio 32,4 minutos en las principales rutas con dirección hacia la estación Villa El Salvador (panel 5c) y 10,4 minutos en las rutas hacia Bayóvar (panel 5d).

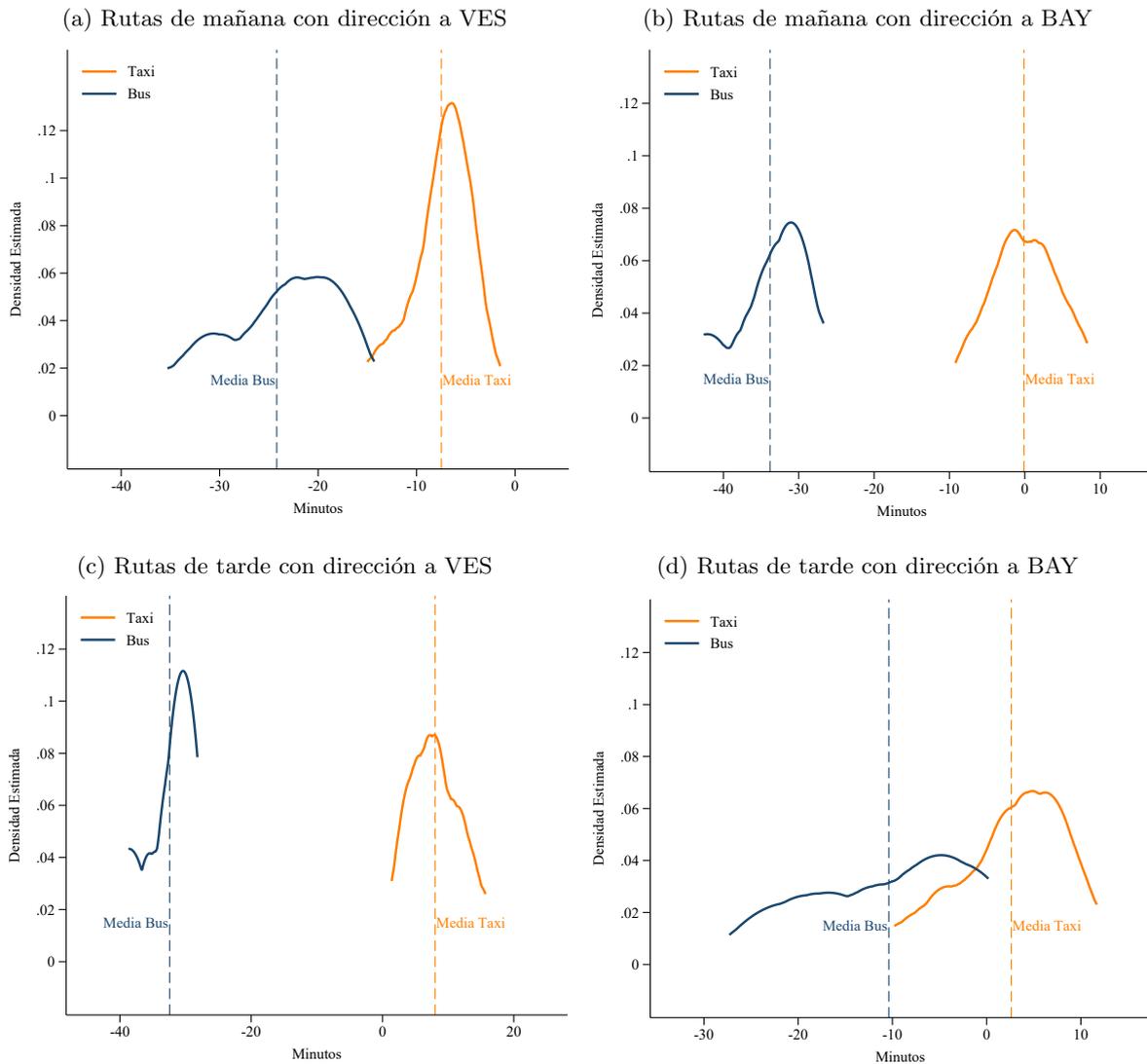
En comparación con el taxi, el comportamiento es más heterogéneo. En la mañana, la Línea 1 ofrece un ahorro promedio de 7,48 minutos en las rutas frecuentes hacia Villa El Salvador (panel 5a), mientras que en dirección a Bayóvar (panel 5b) la diferencia es prácticamente nula, con un ahorro de solo 0,10 minutos. En cambio, durante la tarde, el taxi resulta más rápido en ambas direcciones, supera en promedio a la Línea 1 por 8,03 minutos en las rutas frecuentes hacia Villa El Salvador (panel 5c) y por 2,62 minutos en las rutas frecuentes hacia Bayóvar (panel 5d). Como se explicó previamente, esta pérdida de ventaja del metro en las horas punta de la tarde se asocia principalmente a los mayores tiempos de espera en andenes, especialmente en estaciones con alta afluencia de pasajeros.

En general, los resultados presentados en el cuadro 17 evidencian que la Línea 1 constituye una opción de transporte considerablemente más rápida que el bus, registrando ahorros de tiempo sustanciales en todas las rutas analizadas. Incluso en el horario de la mañana, la Línea 1 muestra ventajas de ahorro de tiempo frente al taxi; sin embargo, esta situación no se replica en el horario de la tarde, debido principalmente a los mayores tiempos de espera en cola. Aunque en términos de calidad y precio el taxi no puede considerarse un sustituto de la Línea 1, la comparación de tiempos de viaje con este medio responde al interés de destacar que, aun frente a un transporte particular, la Línea 1 puede ofrecer trayectos más rápidos en numerosos casos.

Cabe resaltar que, según lo observado en el cuadro 17, uno de los principales problemas de la Línea 1 radica en que el tiempo de espera en cola es igual o incluso superior al tiempo efectivo de viaje. Esto sugiere que, aunque la Línea 1 se presenta como la opción de transporte más rápida, su ventaja puede verse disminuida debido a las largas esperas, lo que a su vez indica que la demanda estaría superando la capacidad de oferta del servicio. En este contexto, sería necesario que las autoridades competentes evalúen alternativas para ampliar la capacidad de la Línea 1 o desarrollen proyectos de transporte complementarios que contribuyan a descongestionarla, especialmente durante las horas punta.

Siguiendo la metodología propuesta por Bonifaz (2000) y replicada por Calmet y Capurro (2011), se ha calculado el valor social del tiempo (VST) con el objetivo de cuantificar el ahorro en tiempo de viaje en términos económicos. En el cuadro 18 se presenta dicho cálculo utilizando la ecuación (2) para cada nivel socioeconómico (NSE). De acuerdo con la información del cuadro, el VST para el NSE A es de 0,74 soles por minuto, mientras que para el NSE E es de 0,10 soles por minuto. Es relevante señalar que los coeficientes α han sido extraídos del informe elaborado por el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP, 2012). Además, los datos sobre el ingreso mensual bruto por persona, las horas trabajadas y los intervalos correspondientes a cada NSE se han obtenido de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) 2023. Para el cálculo de los NSE se ha utilizado como referencia los valores

Figura 5: Distribución del ahorro de tiempo de viaje en las rutas frecuentes de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao, según horario y dirección de viaje



Nota: VES es la estación Villa el Salvador y BAY es la estación Bayóvar. Las funciones de densidad de probabilidad fueron estimadas mediante el método no paramétrico de Kernel, que permite obtener estimaciones sin necesidad de suponer una forma funcional o distribución paramétrica predeterminada.

proporcionados por la Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados (Apeim).

A partir de los cálculos anteriores, en el cuadro 19 se presenta el valor económico del tiempo ahorrado al utilizar las rutas más frecuentes de la Línea 1 en comparación con el uso del bus. En dicho cuadro, se cuantifica el ahorro de tiempo en minutos y se estima el beneficio económico derivado de este ahorro en términos monetarios, considerando un intervalo inferior como uno superior. Estos intervalos están determinados por el valor social del tiempo de los pasajeros, siendo el intervalo inferior correspondiente a aquellos de nivel socioeconómico E, y el intervalo superior, a los de nivel socioeconómico A.

Como se puede observar en el cuadro 19, en el horario de la mañana (de 6:00 a 11:00 horas), el ahorro de tiempo promedio en la Línea 1 con respecto al bus es de 29,0 minutos. A nivel agregado, considerando un millón de viajes, este ahorro representa entre 2,9 millones de soles y 21,5 millones de soles, dependiendo del perfil socioeconómico de los pasajeros. Las rutas que presentan los mayores beneficios económicos corresponden a VES → GAM y VES → MIG. En términos agregados, estas rutas pueden generar un ahorro de hasta 31,1 y 24,8 millones de soles por millón de viajes, respectivamente. En contraste, la menor reducción de costos se observa en la ruta BAY → MIG, con un ahorro que oscila entre 1,9 y 13,8 millones de soles por millón de viajes.

En el horario de la tarde (de 16:00 a 20:00 horas), el ahorro de tiempo promedio de la Línea 1 frente al bus es de 21,5 minutos, lo que se traduce en un ahorro total de entre 2,2 y 15,9 millones de soles por cada millón de viajes. La mayor reducción de costos se registra en la ruta MIG → VES, con un ahorro de hasta 28,55 millones de soles por millón de viajes. En contraste, las rutas con menor impacto económico son GAM → BAY y MIG → BAY, con ahorros de 2,59 y 1,98 millones de soles por millón de viajes, respectivamente.

Estos resultados evidencian que la Línea 1 no solo permite una reducción en los tiempos de viaje en comparación con el bus, sino que también genera un impacto económico relevante para los usuarios y la sociedad en su conjunto. La magnitud del beneficio varía según la ruta, el horario y el nivel socioeconómico de los pasajeros, siendo mayor para aquellos que valoran más su tiempo. Asimismo, las rutas de mayor distancia presentan un mayor ahorro, lo que sugiere que la Línea 1 tiene un impacto más significativo en trayectos largos y en momentos de alta congestión vehicular.

Si bien desde la perspectiva del ahorro de tiempo en los desplazamientos la Línea 1 se presenta como una alternativa significativamente más eficiente en comparación con el transporte en bus y, en menor medida, con el servicio de taxi, esta infraestructura de transporte urbano aún enfrenta diversos desafíos. Entre las principales dificultades se encuentran los altos niveles de demanda, que en determinados momentos pueden generar una saturación del sistema, los prolongados tiempos de espera en cola y las deficiencias en la integración con otros medios de transporte. Estos factores pueden afectar la calidad del servicio y disminuir la satisfacción de los usuarios, lo que resalta la necesidad de continuar con mejoras en la planificación y operación de este sistema de movilidad urbana, fundamental para Lima Metropolitana.

Cuadro 18: Cálculo del valor social del tiempo al 2023

NSE	Ingreso mensual bruto por persona (soles)	Promedio mensual de horas trabajadas	α	$(1-\alpha)$	VTT (soles por hora)	VTO (soles por hora)	VST (soles por minuto)	
A	12 587,08	197,1	55,92	44,08	63,86	19,16	44,16	0,74
B	6 714,66	221,66	57,705	42,295	30,29	9,09	21,32	0,36
C	3 716,48	198,53	46,90	53,10	18,72	5,62	11,76	0,20
D	2 529,01	190,33	43,475	56,525	13,29	3,99	8,03	0,13
E	1 920,66	194,33	45,96	54,04	9,88	2,96	6,14	0,10

Nota: NSE es el nivel socioeconómico, α es el porcentaje de viajes al trabajo, VTT es el valor del tiempo de trabajo, VTO es el valor del tiempo de ocio y VST es el valor social del tiempo. Los α han sido tomados del documento elaborado por el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico - CIUP (2012) y el ingreso mensual bruto por persona, las horas trabajadas y los intervalos que componen los NSE han sido determinados a partir de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) 2023. Asimismo, para el cálculo de los NSE se ha tomado como referencia los valores calculados por la Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados (Apeim) disponibles en: <https://apeim.com.pe/wp-content/uploads/2024/01/APEIM-Informe-de-Niveles-Socioeconomicos-2023-2024-Version-WEB.pdf>

Cuadro 19: Valor económico del tiempo ahorrado por viajar en las rutas frecuentes de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

Horario	Ruta	Ahorro de tiempo de L1 respecto del bus (Minutos)		Ahorro económico respecto del bus por cada viaje (Soles)		Ahorro económico respecto del bus por un millón de viajes (Soles)	
		Intervalo inferior	Intervalo superior	Intervalo inferior	Intervalo superior	Intervalo inferior	Intervalo superior
Mañana (de 6:00 a 11:00 horas)	VES → ANG	-27,2	-2,7	-20,1	-2 721 169	-20 136 649	
	VES → CUL	-32,2	-3,2	-23,9	-3 224 110	-23 858 413	
	VES → GAM	-42,1	-4,2	-31,1	-4 206 686	-31 129 478	
	VES → MIG	-33,5	-3,3	-24,8	-3 349 110	-24 783 413	
	BAY → ANG	-32,7	-3,3	-24,2	-3 273 833	-24 226 366	
	BAY → CUL	-25,7	-2,6	-19,0	-2 569 422	-19 013 719	
	BAY → GAM	-20,2	-2,0	-14,9	-2 017 216	-14 927 396	
	BAY → MIG	-18,7	-1,9	-13,8	-1 865 037	-13 801 274	
	Promedio	-29,0	-2,9	-21,5	-2 903 323	-21 484 589	
Tarde (de 16:00 a 20:00 horas)	ANG → VES	-28,4	-2,8	-21,0	-2 835 569	-20 983 214	
	ANG → BAY	-21,8	-2,2	-16,1	-2 175 065	-16 095 482	
	CUL → VES	-30,5	-3,0	-22,5	-3 046 742	-22 545 894	
	CUL → BAY	-14,4	-1,4	-10,6	-1 436 954	-10 633 462	
	GAM → VES	-32,3	-3,2	-23,9	-3 228 151	-23 888 319	
	GAM → BAY	-3,5	-0,4	-2,6	-350 840	-2 596 219	
	MIG → VES	-38,6	-3,9	-28,6	-3 858 718	-28 554 517	
	MIG → BAY	-2,7	-0,3	-2,0	-265 833	-1 967 167	
	Promedio	-21,5	-2,1	-15,9	-2 149 734	-15 908 034	

Nota: L1 es la Línea 1 del Metro de Lima y Callao. El intervalo inferior está definido por el valor social del tiempo de los pasajeros que pertenecen al nivel socioeconómico E; mientras que, el intervalo superior está definido por el valor social del tiempo de los pasajeros que pertenecen al nivel socioeconómico A.

6. Conclusiones y recomendaciones

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es cuantificar cómo la Línea 1 del Metro de Lima y Callao ha logrado reducir los tiempos de viaje en comparación con otros medios de transporte. Para ello, se utilizó la herramienta de Google Maps para obtener datos sobre los tiempos de viaje de diversos modos de transporte como la Línea 1, los buses y los taxis. Aunque la recopilación de esta información podría realizarse de manera manual, tal enfoque no sería viable debido a la extensa cantidad de estaciones, días y horarios en los que se extrajo la información, por lo que hace que el uso de herramientas automatizadas de web scraping para recopilar la información necesaria.

Luego del análisis comparativo realizado se ha encontrado que, los tiempos efectivos de viaje (sin considerar el tiempo de espera en cola) entre la Línea 1, los buses y los taxis muestra que la Línea 1 es significativamente más rápida, con un tiempo promedio de 2,82 minutos entre estaciones contiguas, en comparación con los 8,97 minutos del bus y los 4,80 minutos del taxi. Esto se traduce en un ahorro de tiempo promedio de 6,1 minutos por cada estación frente a los buses y 2,0 minutos por cada estación respecto al taxi. Por otro lado, la Línea 1 muestra una alta estabilidad en sus tiempos efectivos de viaje, con una desviación estándar de solo 0,01 minutos, mientras que los buses y taxis muestran mayores fluctuaciones debido al tráfico y la demanda variable. Este patrón permite identificar que la Línea 1 es una alternativa altamente confiable en términos de predictibilidad del tiempo de viaje.

En cuanto a la comparación de tiempos según dirección del viaje, los tiempos de la Línea 1 prácticamente son los mismos en ambas direcciones, mientras que los buses presentan mayor variabilidad, especialmente los que van con dirección hacia la estación de Bayóvar, lo que sugiere que la congestión vehicular influye más en ciertos trayectos. El ahorro de tiempo por el uso de la Línea 1 es considerable, especialmente en comparación con los buses. La diferencia entre el promedio de tiempo de viaje entre estaciones contiguas de la Línea 1 y los buses es de 5,85 minutos hacia Villa el Salvador y 6,45 minutos hacia Bayóvar. Respecto del taxi también presenta un ahorro de tiempo, aunque menor, de 2,06 minutos hacia Villa el Salvador y 1,95 minutos hacia Bayóvar.

Por otra parte, al analizar el tiempo de viaje de la Línea 1 considerando los tiempos de espera en cola se evidencia que, en comparación con el transporte en bus, el ahorro de tiempo es significativo en las rutas frecuentes y franjas horarias analizadas, mientras que, respecto al servicio de taxi, la diferencia varía en función de la ruta y el horario. En comparación con los buses, se observa un ahorro promedio de 29,0 minutos durante el horario de la mañana (de 6:00 a 11:00 horas) y de 21,5 minutos en el horario de la tarde (de 16:00 a 20:00 horas). En relación con el servicio de taxi, la reducción de tiempo es menor, alcanzando un promedio de 3,7 minutos en la mañana; mientras en el horario de la tarde se observa que, en la mayoría de rutas, el desplazamiento en taxi resulta más rápido. Este resultado se explica principalmente por los mayores tiempos de espera en cola reportados por los usuarios en la Línea 1 durante las horas de la tarde.

Cabe resaltar que, al hacer las comparaciones entre los tiempos de viaje se ha observado que uno de los principales problemas de la Línea 1 radica en que el tiempo de espera en cola es igual o incluso superior al tiempo efectivo de viaje. Esto sugiere que, aunque la Línea 1 se presenta como la opción de transporte más rápida, su ventaja puede verse disminuida debido a las largas esperas, lo que a su vez indica que la demanda estaría superando la capacidad de oferta del servicio. En este contexto, sería necesario que las autoridades competentes evalúen alternativas para ampliar la capacidad de la Línea 1 o desarrollen proyectos de transporte complementarios que contribuyan a descongestionarla, especialmente durante las horas punta.

Desde una perspectiva económica, el ahorro de tiempo derivado del uso de la Línea 1 se traduce en beneficios económicos para los usuarios y para la sociedad en su conjunto. A partir del cálculo del valor social del tiempo (VST), se estima que el ahorro económico promedio por viaje, en comparación con el bus, oscila entre S/ 2,9 y S/ 21,5 en la mañana y entre S/ 2,1 y S/ 15,9 en la tarde, dependiendo del nivel socioeconómico de los pasajeros. A escala agregada, considerando un millón de viajes, esto representa un ahorro promedio que varía entre S/ 2,90 millones y S/21,49 millones en el horario de la mañana y entre S/ 2,15 millones y S/ 15,91 millones en el horario de la tarde. Las rutas con mayor impacto económico incluyen desde la estación de Villa El Salvador hasta la estación Gamarra, donde el ahorro máximo puede alcanzar los S/ 31,1 por viaje en la mañana y desde la estación Miguel Grau hasta la estación Villa El Salvador, con un ahorro de hasta S/ 28,6 por viaje en la tarde.

A pesar de estos beneficios, también identifican desafíos estructurales que afectan la operatividad de la Línea 1. Entre los principales retos se encuentran la saturación del sistema en horas pico, los prolongados tiempos de espera en cola y las deficiencias en la integración con otros sistemas de transporte urbano. Estos factores pueden impactar negativamente la calidad del servicio y la experiencia de los usuarios, lo que evidencia la necesidad de continuar implementando estrategias de optimización en la planificación y gestión del sistema de transporte en Lima, con miras a garantizar su sostenibilidad y mejorar la movilidad en la ciudad.

Una de las principales limitaciones de este estudio radica en las dificultades para procesar la gran cantidad de información disponible, así como en la diversidad de rutas, horarios y direcciones de viaje. Debido a esto, se optó por calcular el valor económico únicamente para las rutas más frecuentes, con el fin de simplificar el análisis y focalizar los recursos en los trayectos de mayor relevancia. Adicionalmente, no se encontraron datos específicos sobre los tiempos de espera de los taxis en Lima Metropolitana, por lo que se recurrió a los tiempos de espera registrados en la ciudad de São Paulo, Brasil, como referencia, lo que podría generar variabilidad en los resultados obtenidos.

Existen diversas líneas de investigación que quedan pendientes para profundizar respecto de los beneficios del proyecto de la Línea 1 como la cuantificación del aumento del valor de las viviendas cercanas a las estaciones, el impulso al comercio local y la creación de nuevas oportunidades laborales. Estos aspectos no han sido abordados en la presente investigación, pero son fundamentales para entender en su totalidad el impacto económico y social de esta infraestructura de transporte. Asimismo, resultaría pertinente realizar un estudio que cuantifique de manera más precisa los tiempos de espera en cola del transporte público en general, ya que este es un factor crucial para la mejora de la eficiencia en el sistema de transporte y, por ende, en la calidad de vida de los usuarios.

A la luz de los resultados obtenidos, se recomienda continuar con la expansión proyectada del sistema de metro en Lima y Callao, en particular con las líneas 3, 4, 5 y 6. Estas nuevas líneas permitirían reducir los tiempos de viaje, al conectar las zonas periféricas con el centro de la ciudad. Considerando la elevada congestión vehicular que enfrenta Lima Metropolitana, que la ubica como una de las ciudades más congestionadas del mundo, la construcción de nuevas líneas de metro contribuiría a aliviar esta situación, reduciendo los tiempos de viaje y mejorando la movilidad urbana. La implementación de este tipo de infraestructuras beneficia a los usuarios del transporte público y también a la ciudadanía en general, ya que tienen un impacto positivo en el desarrollo urbano, la calidad del aire y otros factores importantes del bienestar de la población.

Referencias

- Aguirre, J. C. (2012). Algunos impactos generales de los contratos de concesión sobre las operaciones de las empresas operadoras de las infraestructuras de transporte y sobre los consumidores en el Perú. *Revista de Derecho Administrativo*(12), 273–284.
- Ahlfeldt, G. M., y Feddersen, A. (2018). From periphery to core: measuring agglomeration effects using high-speed rail. *Journal of Economic Geography*, 18(2), 355–390.
- Al-Salih, W. Q., y Esztergár-Kiss, D. (2021). Linking mode choice with travel behavior by using logit model based on utility function. *Sustainability*, 13(8), 4332.
- Apanisile, O., y Akinlo, T. (2013). Rail transport and economic growth in Nigeria (1970–2011). *Australian Journal of Business and Management Research*, 3(5), 18.
- Baum-Snow, N., Kahn, M. E., y Voith, R. (2005). Effects of urban rail transit expansions: Evidence from sixteen cities, 1970–2000 [with comment]. *Brookings-Wharton papers on urban affairs*, 147–206.
- Bonifaz, J. L. (2000). Cálculo de precios sociales: el valor social del tiempo. *Universidad del Pacífico, Centro de Investigación*. Descargado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/estudios/ValorSocialTiempo.pdf (Disponible en línea)
- Bougheas, S., Demetriades, P. O., y Morgenroth, E. L. (1999). Infrastructure, transport costs and trade. *Journal of international Economics*, 47(1), 169–189.
- Brons, M., y Rietveld, P. (2008). Rail mode, access mode and station choice: The impact of travel time unreliability.
- Calmet, D., y Capurro, J. M. (2011). El tiempo es dinero: Cálculo del valor social del tiempo en lima metropolitana para usuarios de transporte urbano. *Revista Estudios Económicos*, 20, 73–86.
- Chen, G., y e Silva, J. d. A. (2014). Estimating the provincial economic impacts of high-speed rail in Spain: An application of structural equation modeling. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 111, 157–165.
- Chen, Z., y Haynes, K. E. (2017). Impact of high-speed rail on regional economic disparity in China. *Journal of Transport Geography*, 65, 80–91.
- Chi, F., y Han, H. (2023). The impact of high-speed rail on economic development: A county-level analysis. *Land*, 12(4), 874.
- CIUP. (2012). Estimación del valor social del tiempo. *Estudio realizado por encargo de la Dirección General de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas*. Descargado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/parametros_evaluacion_social/Valor.Social.Tiempo.pdf (Instituto de la Universidad del Pacífico)
- Contreras, C., Aguilar, D., y Lázaro, J. (2024). Impacto del transporte masivo en la informalidad de vivienda: El caso de la Línea 1 del Metro de Lima. *Argumentos*, 5(1).
- Del Carpio, L. (2023). Impacto de las asociaciones público-privadas de infraestructura de transporte en el desarrollo económico en Perú. *Global Business Administration Journal*, 7(1), 27–46.
- Doll, C. N., y Balaban, O. (2013). A methodology for evaluating environmental co-benefits in the transport sector: application to the Delhi metro. *Journal of Cleaner Production*, 58, 61–73.
- Donaldson, D. (2018). Railroads of the Raj: Estimating the impact of transportation infrastructure. *American economic review*, 108(4-5), 899–934.
- Flores, A., y Chang, V. (2020). Relación entre la demanda de transporte y el crecimiento económico: Análisis dinámico mediante el uso del modelo ARDL. *Revista de Economía y Finanzas*, 43(122).

- Fu, X., y Gu, Y. (2018). Impact of a new metro line: analysis of metro passenger flow and travel time based on smart card data. *Journal of advanced transportation*, 2018(1), 9247102.
- Gao, Q.-L., Li, Q.-Q., Zhuang, Y., Yue, Y., Liu, Z.-Z., Li, S.-Q., y Sui, D. (2019). Urban commuting dynamics in response to public transit upgrades: A big data approach. *Plos one*, 14(10), e0223650.
- Golias, J. C. (2002). Analysis of traffic corridor impacts from the introduction of the new Athens Metro system. *Journal of Transport Geography*, 10(2), 91–97.
- Gwilliam, K. M. (1997). The value of time in economic evaluation of transport projects: Lessons from recent research. *World Bank (Washington DC)*.
- Haider, M., y Miller, E. J. (2000). Effects of transportation infrastructure and location on residential real estate values: Application of spatial autoregressive techniques. *Transportation Research Record*, 1722(1), 1–8.
- Hanley, D., Li, J., y Wu, M. (2022). High-speed railways and collaborative innovation. *Regional Science and Urban Economics*, 93, 103717.
- Heuermann, D. F., y Schmieder, J. F. (2019). The effect of infrastructure on worker mobility: evidence from high-speed rail expansion in Germany. *Journal of economic geography*, 19(2), 335–372.
- Insardi, A., y Lorenzo, R. O. (2020). Measuring accessibility: A big data perspective on uber service waiting times. *Revista de Administração de Empresas*, 59, 402–414.
- Jin, M., Lin, K.-C., Shi, W., Lee, P. T., y Li, K. X. (2020). Impacts of high-speed railways on economic growth and disparity in China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 138, 158–171.
- Khadaroo, J., y Seetanah, B. (2007). Transport infrastructure and tourism development. *Annals of tourism research*, 34(4), 1021–1032.
- Khder, M. A. (2021). Web scraping or web crawling: State of art, techniques, approaches and application. *International Journal of Advances in Soft Computing & Its Applications*, 13(3).
- Li, H., Strauss, J., Shunxiang, H., y Lui, L. (2018). Do high-speed railways lead to urban economic growth in China? a panel data study of china's cities. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 69, 70–89.
- Lin, D., Broere, W., y Cui, J. (2022). Metro systems and urban development: Impacts and implications. *Tunnelling and underground space technology*, 125, 104509.
- Ma, S., Yu, Z., y Liu, C. (2020). Nested logit joint model of travel mode and travel time choice for urban commuting Trips in xi'an, China. *Journal of Urban Planning and Development*, 146(2), 04020020.
- Ositrán. (2023). Informe de Desempeño 2023 del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1. *Informe de Desempeño*.
- Parbo, J., Nielsen, O. A., y Prato, C. G. (2018). Reducing passengers' travel time by optimising stopping patterns in a large-scale network: A case-study in the Copenhagen Region. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 197–212.
- Persson, E. (2019). *Evaluating tools and techniques for web scraping*.
- Pineda, C., y Lira, B. M. (2019). Travel time savings perception and well-being through public transport projects: The case of Metro de Santiago. *Urban Science*, 3(1), 35.
- Shi, J., Yang, L., Yang, J., y Gao, Z. (2018). Service-oriented train timetabling with collaborative passenger flow control on an oversaturated metro line: An integer linear optimization approach. *Transportation Research Part B: Methodological*, 110, 26–59.
- Singh, R., Graham, D. J., y Anderson, R. J. (2020). Quantifying the effects of passenger-level heterogeneity on transit journey times. *Data-Centric Engineering*, 1, e15.
- Šperka, A., Dedík, M., y Hrudkay, K. (2021). Transfer times improving in railway stations

- through the economic indicators. *Transportation Research Procedia*, 55, 260–267.
- Thrane, C. (2015). Examining tourists' long-distance transportation mode choices using a Multinomial Logit regression model. *Tourism Management Perspectives*, 15, 115–121.
- Vuchic, V. R. (1976). Skip-stop operation: High speed with good area coverage. *UITP Revue*(745), 114–120.
- Zhao, X., Yan, X., Yu, A., y Van Hentenryck, P. (2020). Prediction and behavioral analysis of travel mode choice: A comparison of machine learning and logit models. *Travel behaviour and society*, 20, 22–35.

A. Anexos

A.1. Desarrollo de una biblioteca de *web scraping* para la extracción de datos de Google Maps

A.1.1. Función de extracción de datos para cada lista de URL

```
from selenium import webdriver
from selenium.webdriver.chrome.service import Service
from selenium.webdriver.chrome.options import Options
from webdriver_manager.chrome import ChromeDriverManager
from selenium.webdriver.common.by import By
from selenium.webdriver.support.ui import WebDriverWait
from selenium.webdriver.support import expected_conditions as EC
import pandas as pd
import concurrent.futures
from datetime import datetime

def extract_data_from_url(url):
    chrome_options = Options()
    chrome_options.add_argument("--headless")
    chrome_options.add_argument("--disable-gpu")
    chrome_options.add_argument("--no-sandbox")
    chrome_options.add_argument("--disable-images")
    chrome_options.add_argument("--disable-extensions")
    chrome_options.add_argument("--disable-dev-shm-usage")
    chrome_options.add_argument("--log-level=3")

    service = Service(ChromeDriverManager().install())
    driver = webdriver.Chrome(service=service, options=chrome_options)

    data = {}

    try:
        driver.get(url)

        WebDriverWait(driver,
            ↪ 10).until(EC.presence_of_all_elements_located((By.CLASS_NAME,
            ↪ 'Fk3sm'))))

        tiempos_divs = driver.find_elements(By.CLASS_NAME, 'Fk3sm')
        tiempos = [div.text for div in tiempos_divs if div.text]
        tiempos_str = '; '.join(tiempos) if tiempos else 'No encontrado'

        try:
            partes_url = url.split('/')
            punto_inicio = partes_url[5].replace('+', ' ').split(',')[0]
            punto_llegada = partes_url[6].replace('+', ' ').split(',')[0]
        except IndexError:
            punto_inicio = 'No encontrado'
            punto_llegada = 'No encontrado'

        data = {
            'Lugar de Inicio': punto_inicio,
```

```
        'Lugar de Llegada': punto_llegada,
        'Tiempos de Viaje': tiempos_str
    }
except Exception as e:
    print(f"Error al procesar la URL {url}: {e}")

finally:
    driver.quit()

return data
```

A.1.2. Función de extracción de datos para cada lista de URL

```
import concurrent.futures
import pandas as pd
from datetime import datetime

def public_train(urls, output_file='ruta_public_train.csv'):
    current_date = datetime.now().strftime("%d.%m.%Y_%H.%M")

    output_file_with_date = f"{output_file.split('.')[0]}_{current_date}.csv"

    with concurrent.futures.ThreadPoolExecutor(max_workers=8) as executor:
        results = list(executor.map(extract_data_from_url, urls))

    df = pd.DataFrame(results)

    df.to_csv(output_file_with_date, index=False)

    print(df)

import concurrent.futures
import pandas as pd
from datetime import datetime

def car_travel(urls, output_file='car_travel.csv'):
    current_date = datetime.now().strftime("%d.%m.%Y_%H.%M")

    output_file_with_date = f"{output_file.split('.')[0]}_{current_date}.csv"

    with concurrent.futures.ThreadPoolExecutor(max_workers=8) as executor:
        results = list(executor.map(extract_data_from_url, urls))

    df = pd.DataFrame(results)

    df.to_csv(output_file_with_date, index=False)

    print(df)
```

A.2. Ejecución y automatización de funciones en Jupyter Notebook

```

%pip install selenium webdriver_manager pandas keyboard schedule
from selenium import webdriver
from selenium.webdriver.chrome.service import Service
from selenium.webdriver.chrome.options import Options
from webdriver_manager.chrome import ChromeDriverManager
from selenium.webdriver.common.by import By
from selenium.webdriver.support.ui import WebDriverWait
from selenium.webdriver.support import expected_conditions as EC
import pandas as pd

##### 1ST CELL #####

from public_transport import public_train
from public_transport import car_travel

##### 2nd CELL #####

car_list = [ " links(urls de tramos estación a estación)" ]
public_list = [ " links(urls de tramos estación a estación)" ]

##### 3rd CELL #####

public_train(public_list)

##### 4th CELL #####

car_travel(car_list)

##### 5th CELL #####

import time
import threading

stop_event = threading.Event()

def run_functions_in_sequence(interval_minutes):
    try:
        while not stop_event.is_set(): # Comprobar si el evento ha sido
            ↪ establecido
                public_train(public_list)

                car_travel(car_list)

                time.sleep(interval_minutes * 60)
    except KeyboardInterrupt:
        print("Ejecución interrumpida por el usuario.")

interval_minutes = 10 # Por ejemplo, 2 minutos entre cada ciclo

thread = threading.Thread(target=run_functions_in_sequence,
    ↪ args=(interval_minutes,))

```

A.3. Do-file empleado para calcular el tiempo de espera en cola que afrontan los usuarios de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao a partir de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de los Usuarios 2023 del Ositrán

```
cd "dirección de carpeta de trabajo"

use "BD NSU L1 2023.dta", clear

gen mañana = 1 if p11d >= 6 & p11d <= 11
replace mañana = 0 if mañana ==.

gen tarde = 1 if p11d >= 16 & p11d <= 20
replace tarde = 0 if tarde ==.

table p11b mañana, c(mean p11c)
table p11b tarde, c(mean p11c)
```

A.4. Do-file empleado para calcular el ingreso mensual bruto por persona, las horas trabajadas y los intervalos que componen los NSE

```
cd "dirección de la carpeta de trabajo"
use enaho01a-2023-500.dta, clear

* Calcular las horas totales trabajadas mensual, porque viene semanal
↳ (principal + secundaria)
gen horas_totales = (i513t + i518)*4

* Etiquetar la variable
label var horas_totales "Horas totales trabajadas por persona"

save modulo_500-2023_merge.dta, replace
*****

* Cargar el Módulo Sumaria
use "sumaria-2023.dta", clear

* Seleccionar las variables necesarias: conglome, vivienda y mieperho
keep conglome vivienda hogar mieperho ingmo1hd inghog1d factor07
save sumaria-2023_merge.dta, replace

*****

* Combinar el Mdulo 500 con el Mdulo Sumaria usando conglome, vivienda y hogar
↳ como identificadores
use modulo_500-2023_merge.dta, clear
merge m:1 conglome vivienda hogar using sumaria-2023_merge.dta

* Verificar que el merge se haya realizado correctamente
tab _merge
keep if _merge == 3 // Conservar solo las observaciones que coinciden en
↳ ambos mdulos
```

```
save data_merged_2023.dta, replace
*****

use data_merged_2023.dta, clear

* Ingreso Bruto Mensual Percápita
gen ing_brut_per_cap = (inghog1d / mieperho)/12

save data_probar_2.dta, replace

* Umbrales ajustados para que queden como el informe de APEM & IPSOS
*****

use data_probar_2.dta, clear

gen nivel_socioeconomico = ""
replace nivel_socioeconomico = "A" if ing_brut_per_cap >= 10000 //estos
replace nivel_socioeconomico = "B" if ing_brut_per_cap >= 5000 &
↳ ing_brut_per_cap < 10000 //estos
replace nivel_socioeconomico = "C" if ing_brut_per_cap >= 3000 &
↳ ing_brut_per_cap < 5000 //estos
replace nivel_socioeconomico = "D" if ing_brut_per_cap >= 2200 &
↳ ing_brut_per_cap < 3000 //estos
replace nivel_socioeconomico = "E" if ing_brut_per_cap >= 1700 &
↳ ing_brut_per_cap < 2200 //estos

keep if ocu500 == 1 & ing_brut_per_cap > 0

table nivel_socioeconomico [iw=fac500a] if dominio == 8, c(mean
↳ ing_brut_per_cap) row center
table nivel_socioeconomico [iw=fac500a] if dominio == 8, c(mean horas_totales)
↳ row center
```

A.5. Abreviaturas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

N.º	Estación	Abreviatura
1	Villa El Salvador	VES
2	Parque Industrial	PIN
3	Pumacahua	PUM
4	Villa María	VMA
5	María Auxiliadora	MAU
6	San Juan	SJU
7	Atocongo	ATO
8	Jorge Chávez	JCH
9	Ayacucho	AYA
10	Cabitos	CAB
11	Angamos	ANG
12	San Borja Sur	SBS
13	La Cultura	CUL
14	Nicolás Arriola	NAR
15	Gamarra	GAM
16	Miguel Grau	MIG
17	El Ángel	ELA
18	Presbítero Maestro	PRE
19	Caja de Agua	CAA
20	Pirámide del Sol	PIR
21	Los Jardines	JAR
22	Los Postes	POS
23	San Carlos	SCA
24	San Martín	SMA
25	Santa Rosa	SRO
26	Bayóvar	BAY

PRO INVERSIÓN

PRO INVERSIÓN

Av. Enrique Canaval y Moreyra 150
Piso 9, San Isidro
Lima 27 / PERÚ
T: +51 1 200 1200



www.investinperu.pe

