



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<sup>1</sup>

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

**Segunda edición digital:**

Julio 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 (2a. ed.). *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 2025-07391

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

Para comentarios o sugerencias comunicarse con: [estudios.economicos@proinversion.gob.pe](mailto:estudios.economicos@proinversion.gob.pe)

ISSN: 3028-9556 (En línea)

<sup>1</sup>Este documento incluye los aportes derivados del proceso e revisión por pares realizado en el marco de la Red de Análisis y Buenas Prácticas en Asociaciones Público-Privadas (Red APP) del BID.

# 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, permiten mejorar la conectividad al reducir los tiempos de desplazamiento, lo que puede favorecer también las actividades turísticas. En esa línea, Khadaroo y Seetanah (2007) demuestran empíricamente que el flujo de turistas es sensible a las mejoras en la infraestructura de transporte.

Asimismo, se reconoce que estas inversiones pueden favorecer tanto el empleo como la competitividad de las economías locales y regionales, contribuyendo a su desarrollo. Haider y Miller (2000) señalan que la proximidad a infraestructuras de transporte impacta en los valores inmobiliarios residenciales. En conjunto, estos proyectos no solo responden a necesidades de movilidad, sino que también funcionan como impulsores del crecimiento económico en los territorios donde se implementan.

En particular, las líneas de metro destacan como soluciones efectivas para mejorar el transporte urbano en grandes ciudades. Estas infraestructuras optimizan la movilidad en áreas densamente pobladas y actúan como agentes transformadores en términos económicos, sociales y ambientales (Lin, Broere, y Cui, 2022). Su capacidad para movilizar grandes cantidades de pasajeros de manera rápida y sin interrupciones, evitando la congestión vehicular, permite reducir la saturación de las calles, mejorar la productividad y elevar el bienestar ciudadano (Shi, Yang, Yang, y Gao, 2018).

En Lima Metropolitana, el proyecto Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (Línea 1) representa la primera y principal infraestructura ferroviaria urbana en operación. Con una extensión de 34,6 kilómetros y 26 estaciones, conecta diversos distritos y ha transformado los patrones de movilidad de miles de ciudadanos que se desplazan hacia centros de trabajo, instituciones educativas, establecimientos de salud y otros destinos. Sin embargo, su funcionamiento aún enfrenta retos operativos, como los elevados tiempos de espera en horas punta, que afectan la calidad del servicio.

Este estudio tiene como objetivo cuantificar la reducción en los tiempos de viaje que ofrece la Línea 1 frente a otras alternativas de transporte urbano, como el bus y el taxi. Para ello, se utilizaron datos obtenidos mediante técnicas automatizadas de *web scraping* desde Google Maps. Los resultados muestran que, en las rutas de mayor demanda, la Línea 1 permite un ahorro promedio de 29,0 minutos frente al bus en las mañanas (6:00 a 11:00 horas) y de 21,5 minutos en las tardes (16:00 a 20:00 horas). Respecto al taxi, el ahorro es de 3,7 minutos en la mañana, mientras que en la tarde el taxi resulta, en la mayoría de rutas, más rápido.

Este comportamiento diferenciado en horas de la tarde se explica, principalmente, por los mayores tiempos de espera en cola reportados por los usuarios de la Línea 1 en horas punta. A partir de los ahorros de tiempos calculados, se estima el valor social del tiempo para monetizar el ahorro económico de emplear la Línea 1. Los resultados indican que, por cada millón de viajes, el ahorro económico varía entre S/ 2,90 millones y S/ 21,49 millones en la mañana y entre S/ 2,15 millones y S/ 15,91 millones en la tarde. Entre las rutas de mayor impacto económico destaca la que va desde la estación Villa El Salvador hasta Gamarra, con un ahorro de hasta S/ 31,1 por viaje en la mañana, y la que conecta Miguel Grau con Villa El Salvador, con un ahorro de hasta S/ 28,6 por viaje en la tarde.

Asimismo en este trabajo de investigación también se discuten otros beneficios asociados

al uso del metro, así como las limitaciones que aún enfrenta esta infraestructura de transporte, especialmente en rutas de alta frecuencia donde los tiempos de espera pueden igualar o incluso superar el tiempo efectivo de viaje.

El presente trabajo de investigación se organiza en siete secciones diferentes. En esta primera sección se proporciona una introducción a la investigación. La segunda presenta los principales antecedentes del proyecto. La tercera revisa la literatura relevante, tanto nacional como internacional. En la cuarta sección se expone la estrategia empírica empleada para cuantificar el impacto. La quinta se centra en los datos utilizados. La sexta muestra los principales resultados y, finalmente, la séptima sección recoge las conclusiones y recomendaciones finales.

## 2. Antecedentes del proyecto

Las Asociaciones Público-Privadas (APP) es una modalidad de participación privada en proyectos de uso público que ha ganado relevancia para muchas economías del mundo ya que a través de este mecanismo se distribuyen riesgos entre el público y privado y se destinan recursos, principalmente del sector privado, para ejecutar las obras manteniendo cierto nivel de estándares de calidad.

En proyectos de líneas de metro, la modalidad APP ha sido especialmente útil por la complejidad técnica y los altos costos que implican su construcción, operación y mantenimiento. Por ello, es importante que las empresas concesionarias tengan experiencia en el sector y puedan implementar tecnología adecuada. En Perú, las APP han sido esenciales para el desarrollo ferroviario, con cinco concesiones vigentes y varios proyectos que podrían incorporarse a la cartera de PROINVERSIÓN para su adjudicación.

Dentro de los proyectos adjudicados se tiene al ferrocarril del sur y sur-oriente, ferrocarril del centro y ferrocarril Huancayo-Huancavelica concesionados a las empresas Ferrocarril Trasandino S. A., Ferrovías Central Andina S. A. y Concesionaria Ferroviaria del Perú S.A., respectivamente. Asimismo, la capital del Perú cuenta con dos proyectos adjudicados para la expansión de las líneas de metro. La empresa concesionaria Tren Urbano de Lima S. A. es la responsable de la Línea 1, mientras que la empresa concesionaria Metro de Lima Línea 2 S. A. es la responsable del proyecto Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao.

La Línea 1 es la primera línea de metro que se estableció en el Perú y se encuentra ubicada en Lima Metropolitana. Esta infraestructura de transporte fue adjudicada el 11 de abril de 2011. La concesión se otorgó luego de que la empresa concesionaria ofreciera un menor precio por kilómetro tren garantizado (PKT) y precio por kilómetro tren adicional (PKTA). La empresa concesionaria fue constituida el 19 de abril de 2011 y hacia diciembre de 2023 la composición accionaria del consorcio era la siguiente: Aenza S. A. A. posee el 75 % y Ferrovías Participaciones S. A. C. posee el 25 % restante.

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

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



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

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

### 3. Revisión de literatura

#### 3.1. Literatura internacional

A nivel internacional, existen diversos estudios que se centran en analizar la relación de la infraestructura ferroviaria y la prestación de servicios de transporte de pasajeros sobre variables que capturan medidas de bienestar. En su mayoría, los estudios revisados se han

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

Se ha identificado un conjunto de estudios que buscan evaluar los determinantes de la elección del modo de transporte de los usuarios, centrándose particularmente en la distancia o tiempo de viaje como variables explicativas. Estos estudios son los desarrollados por Golias (2002), Baum-Snow, Kahn, y Voith (2005), Brons y Rietveld (2008), Thrane (2015), Ma, Yu, y Liu (2020) y Zhao, Yan, Yu, y Van Hentenryck (2020). Por su parte, Golias (2002), emplean un modelo logit anidado (MLA) para investigar la demanda de transporte. Este autor encuentra que la demanda del automóvil es inelástica respecto al costo y tiempo de viaje. Sin embargo, para los usuarios del transporte público en Atenas, los cambios en el costo tienen un impacto mayor que las variaciones en el tiempo de viaje.

Por otro lado, Baum-Snow *et al.* (2005) evalúan cómo las expansiones ferroviarias urbanas inciden en el uso del transporte público, enfocándose en cómo dichas expansiones alteran las elecciones de modo de transporte y los tiempos de viaje. Mediante un enfoque de diferencias en diferencias (DID), los autores concluyen que las inversiones en infraestructura ferroviaria no resultan en un aumento significativo del uso del transporte público. En esa línea, Brons y Rietveld (2008) exploran cómo la inconsistencia en los tiempos de viaje afecta la decisión de los pasajeros. Su análisis, que combina un modelo logit binario (MLB) y un MLA, sugiere que mejorar la fiabilidad del tiempo de viaje en un 10 % podría fomentar el uso del tren.

Thrane (2015) analiza las decisiones de turistas noruegos al elegir entre transporte público, automóvil privado y transporte aéreo, para ello emplean un modelo de regresión logit multinomial (MNL). Estos autores observan una clara preferencia por el transporte aéreo para viajes superiores a 400 km. Más recientemente, Ma *et al.* (2020) investigan la influencia de las características socioeconómicas, del hogar y del viaje en las decisiones de transporte. Su estudio, donde emplean un MLA, resalta que el tiempo de viaje es un factor determinante en la elección del modo de transporte. Zhao *et al.* (2020) comparan modelos logit mixtos (MLM) y de aprendizaje automático para predecir la elección del transporte, encontrando que un aumento del 10 % en el tiempo de viaje disminuye la probabilidad de elegir transporte público en un 4.2 % y el automóvil privado en un 3.6 %.

Por otro lado, se ha indentificado otro conjunto de estudios que se enfocan en analizar cómo las inversiones en infraestructura ferroviaria se relacionan con el crecimiento económico, la desigualdad regional y el fomento del comercio. Estos estudios son los desarrollados por Chen y Haynes (2017), Donaldson (2018) y Li, Strauss, Shunxiang, y Lui (2018). En primer lugar, Chen y Haynes (2017) abordan la influencia de los trenes de alta velocidad en la disparidad económica regional en China. Ellos emplean un enfoque de panel con efectos fijos (EF) y efectos aleatorios (EA), que les permite destacar que el sistema de trenes de alta velocidad (HSR) en China ha contribuido a reducir las brechas económicas regionales.

Por otro lado, Donaldson (2018) utiliza datos históricos de la India colonial para ilustrar cómo las redes ferroviarias pueden ser un motor de transformación económica y social. A través de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), este estudio analiza el impacto histórico de las redes ferroviarias, mostrando como disminuyen los costos comerciales e incrementan los niveles de ingreso real.

Finalmente, [Li et al. \(2018\)](#) emplean el método de causalidad de Granger para evidenciar que los aumentos en la accesibilidad, presumiblemente derivados de mejoras en la infraestructura de transporte, están correlacionados con un crecimiento económico significativo, reforzando la idea de que la inversión en infraestructura de transporte puede ser un impulsor para el desarrollo económico.

Por otro lado, se ha identificado un conjunto de estudios que analizan cómo varían los tiempos de viaje y el impacto que tienen estos medios de transporte en los costos y el bienestar de los usuarios. Este enfoque guarda una mayor relación con los objetivos del presente documento de investigación. Entre dichos estudios se encuentran los realizados por [Fu y Gu \(2018\)](#), [Parbo, Nielsen, y Prato \(2018\)](#), [Gao et al. \(2019\)](#), [Heuermann y Schmieder \(2019\)](#), [Pineda y Lira \(2019\)](#), [Singh, Graham, y Anderson \(2020\)](#) y [Šperka, Dedík, y Hrudkay \(2021\)](#).

Para empezar, [Fu y Gu \(2018\)](#) adoptan un enfoque descriptivo basado en análisis estadísticos e identifican que la apertura de una nueva línea de metro impactó directamente el flujo de pasajeros y, crucialmente, la confiabilidad del tiempo de viaje. Por su parte, [Parbo et al. \(2018\)](#) abordan un problema de optimización de dos niveles para resolver el dilema del «salto de parada». Su modelo busca un equilibrio entre el tiempo de espera y los tiempos de viaje, calculando una reducción del 5.5 % en el tiempo de viaje de los pasajeros del tren.

De manera similar, [Gao et al. \(2019\)](#) aplican el método de diferencias en diferencias (DID) encontrando que las mejoras ferroviarias permiten un mayor acceso a centros laborales. [Heuermann y Schmieder \(2019\)](#) emplean variables instrumentales (VI) y estiman que una reducción del 1 % en el tiempo de viaje incrementa el número de viajeros entre regiones en un 0.25 %. En el ámbito de la experiencia del usuario, [Pineda y Lira \(2019\)](#) combinan un análisis costo-beneficio con el análisis factorial confirmatorio (CFA). Estos autores concluyen que los usuarios de la Línea 6 del metro en Santiago experimentaron una reducción del 14 % en tiempos de viaje. [Singh et al. \(2020\)](#) cuantifican las variaciones en los tiempos de viaje de los usuarios del metro de Londres. Ellos emplean con un modelo de panel con efectos fijos (EF), indicando que las características operativas y de demanda explican el 96 % de la variación observada en los tiempos de viaje.

Finalmente, [Šperka et al. \(2021\)](#), al igual que [Fu y Gu \(2018\)](#), utilizan un análisis estadísticos y descriptivos, concluyendo que la reducción de los tiempos de viaje disminuye las pérdidas financieras. Este estudio resalta el valor monetario del tiempo de viaje, enfatizando los beneficios económicos derivados de una mayor eficiencia en el transporte.

### 3.2. Literatura nacional

En esta subsección se realiza una revisión de aquellos documentos que investigan los efectos que pueden tener los proyectos ferroviarios de transporte de pasajeros en Perú. Al respecto, se ha priorizado la revisión de aquellos estudios que evalúan los efectos de las APP. En el cuadro del anexo [A.2](#) se presenta un resumen de las principales características de los estudios revisados: objetivo del estudio, la unidad de análisis, la estructura de datos, las variables dependientes y explicativas, la metodología utilizada y resultados más relevantes.

Respecto a los estudios revisados, [Aguirre \(2012\)](#) analiza los efectos generados por las infraestructuras de transporte concesionadas supervisadas por el Ositrán, utilizando indicadores de desempeño e identificando que los contratos de concesión en transporte generan impactos en el crecimiento económico, la desigualdad y la pobreza. Por otro lado, [Flores y Chang \(2020\)](#) examina la relación entre la demanda de transporte concesionado y el creci-

miento económico en Perú. Para ello, aplican un modelo autorregresivo de rezagos distribuidos (ARDL), concluyendo que el PIB impulsa el crecimiento del número de pasajeros ferroviarios; específicamente, estiman que un incremento del 1 % en el PIB genera un aumento del 0,571 % en la demanda de pasajeros ferroviarios.

Asimismo, [Del Carpio \(2023\)](#) analiza el impacto de las inversiones realizadas a través de APP en el sector de infraestructura de transporte y su contribución al desarrollo económico del Perú. Emplea un enfoque de panel con cointegración y causalidad Granger, que facilita el análisis de relaciones de largo plazo entre las inversiones en infraestructura ferroviaria y el desarrollo económico, encontrando que un aumento del 1 % en las inversiones en infraestructura ferroviaria concesionada resulta en un incremento del 0,08 % en el desarrollo económico regional.

Finalmente, [Contreras, Aguilar, y Lázaro \(2024\)](#) estudia el impacto de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao en la informalidad de las viviendas cercanas a las estaciones, abordando un tema crítico sobre los efectos sociales y económicos de la infraestructura de transporte en el entorno urbano. Utilizan el enfoque de diferencias en diferencias (DID) para medir el impacto causal, evidenciando que ha tenido un impacto positivo en la reducción de la informalidad en las zonas cercanas a sus estaciones.

Existen numerosos estudios, tanto a nivel nacional como internacional, que analizan los efectos de las líneas de metro destinadas al transporte urbano de pasajeros. Este estudio contribuye a dicha literatura empírica al ofrecer una primera aproximación de los beneficios de la implementación de la Línea 1, enfocándose especialmente en el ahorro de tiempo de viaje en comparación con otros medios de transporte. A partir de esta información, se realizan comparaciones entre modos de transporte, siguiendo una metodología similar a la utilizada por [Fu y Gu \(2018\)](#) y [Šperka et al. \(2021\)](#).

## 4. Estrategia empírica

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

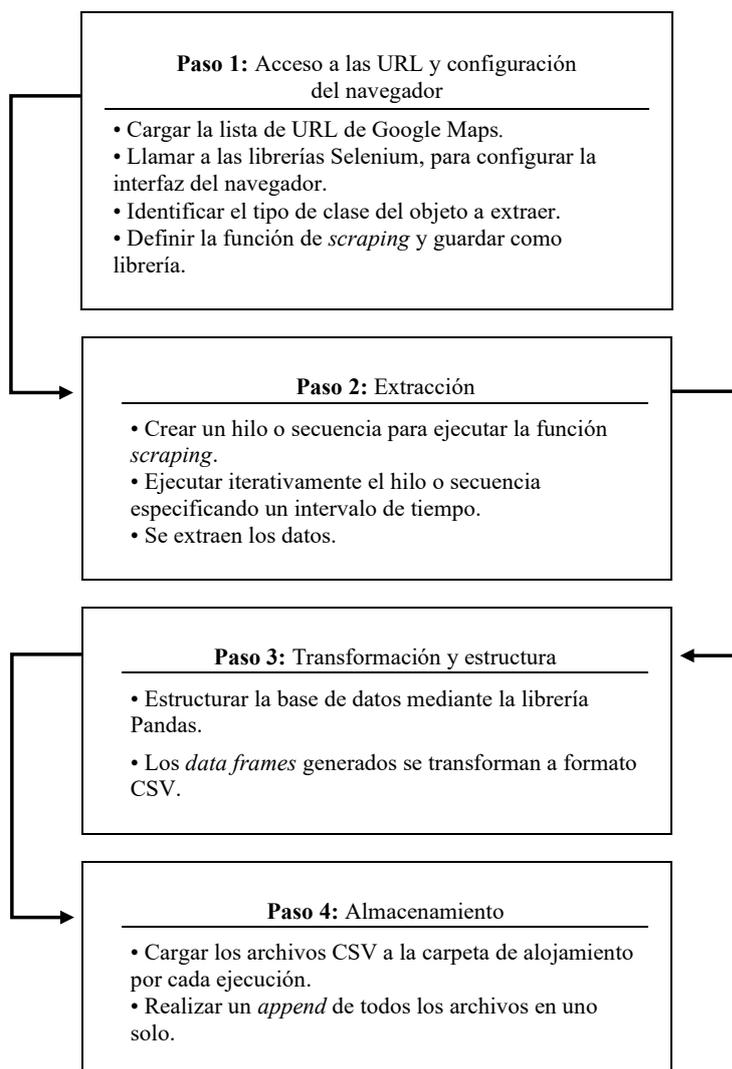
$$TTV_{i,j,t} = TEV_{i,j,t} + TEC_{i,t} \quad (1)$$

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

Donde  $TTV$  representa el tiempo total de viaje desde la estación  $i$  hasta la estación  $j$ ,  $TEV$  corresponde al tiempo efectivo de viaje; es decir, el intervalo que transcurre desde que el usuario aborda el vagón en la estación  $i$  hasta que llega a la estación  $j$  y  $TEC$  denota

<sup>1</sup>Se han considerado como medios alternativos a los viajes en la Línea 1 aquellos realizados en bus y taxi, al ser los más similares en términos de características operativas. No se incluye al automóvil particular, ya que, salvo con la diferencia del tiempo de espera, los resultados serían similares a los del taxi. Además, por sus características, no representa una alternativa sustituta viable para la mayoría de usuarios de la Línea 1.

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



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

el tiempo de espera en cola que los usuarios experimentan antes de abordar el vagón en la estación donde se inicia el viaje, *i*.

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

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

realiza a través de la Línea 1, sino a través de otro medio de transporte.

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

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

La técnica de *web scraping* implementada sigue una estructura automatizada y secuencial compuesta por cuatro pasos (ver figura 2). En el primer paso, se accede a las URL de interés<sup>2</sup> 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).

---

<sup>2</sup>Las 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  $\alpha$  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  $\alpha$  será medida como el porcentaje de viajes de trabajo y de acuerdo a lo recomendado por [Gwilliam \(1997\)](#), el  $VTO$  será calculado como el 30% del  $VTT$ .

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

## 5. Datos

A través de la herramienta Google Maps se recopiló información sobre los tiempos de viaje en los distintos medios de transporte: Línea 1, bus y taxi. Los datos obtenidos corresponden a trayectos que tienen como origen y destino las estaciones de la Línea 1. Si bien la recopilación de información puede realizarse de manera manual, esto no resulta viable dado la gran cantidad de estaciones, días y horarios en los que se extrajo la información. Por ello, se desarrolló una biblioteca de *web scraping* en Python diseñada para extraer los tiempos de viaje de Google Maps. Los detalles del código utilizado se describen en el anexo [A.3](#) de este documento. Además, en el anexo [A.4](#) se presenta el código que facilita la ejecución y automatización de funciones del anexo [A.3](#) en Jupyter Notebook.

Como se puede observar en el cuadro [1](#), con los referidos códigos se ha extraído un total de 59 361 tiempos de viaje para tramos entre estaciones contiguas (19 644 para la Línea 1, 19 644 para el transporte en bus y 20 073 para el transporte en taxi) durante 19 días en intervalos desde las 6:00 hasta las 22:00 horas (ver cuadro [1](#)). Asimismo, se extrajo adicionalmente un total de 6118 tiempos de viaje (2035 para la Línea 1, 2047 para el transporte en bus y 2036 para el transporte en taxi) para tramos más largos que pasan por un conjunto de estaciones<sup>3</sup>, estos tiempos de viaje adicionales fueron extraídos durante 8 días en intervalos horarios entre las 6:00 y las 21:00 horas (ver cuadro [2](#)). Cabe indicar que los días feriados, festivos o aquellos afectados por huelgas y paros de transportistas se excluyen del análisis, ya que representan datos atípicos que no reflejan la dinámica usual del uso de los medios de transporte urbano.

Por otro lado, los tiempos de espera en cola para los medios de transporte han sido tomados de fuentes secundarias. Al respecto, el tiempo de espera en cola de los usuarios de la Línea 1 ha sido tomado de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de los Usuarios 2023 del Ositrán (el detalle de los códigos empleados se presenta en el anexo [A.5](#) de este documento). Respecto del tiempo de espera del bus se ha tomado el dato publicado por Moovit en su página web, mientras que el tiempo de espera de un taxi ha sido tomado del estudio desarrollado por [Insardi y Lorenzo \(2020\)](#).

---

<sup>3</sup>Las estaciones iniciales y finales de los tramos largos se encuentran definidas en la sección de resultados.

Cuadro 1: Detalle de la información de tramos contiguos extraída de Google Maps

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

Fuente: Google Maps

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

Cuadro 2: Detalle de la información de tramos largos extraída de Google Maps

Fecha	Hora de recopilación de datos						Cantidad de datos recopilados		
	L1	Bus		Taxi		L1	Bus	Taxi	
		Inicio	Fin	Inicio	Fin				
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
<b>Total</b>							<b>2 035</b>	<b>2 047</b>	<b>2 036</b>

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)<sup>4</sup>. En el anexo A.6 de este documento se presentan los códigos utilizados para realizar los cálculos en el software Stata 16.

## 6. Resultados

### 6.1. Comparación de los tiempos efectivos de viaje

En esta subsección se presenta los resultados del análisis de los tiempos de viaje efectivos de la Línea 1 en comparación con otros medios de transporte (buses y taxis). El análisis en esta subsección se enfoca exclusivamente en el tiempo de desplazamiento, sin considerar el tiempo de espera que los usuarios enfrentan antes de abordar el medio de transporte. El cuadro 3 presenta una comparación de los tiempos de viaje promedio entre estaciones contiguas de la Línea 1 y dos modos de transporte alternativos: el bus y el taxi. Esta comparación se realizó para un rango horario de 6:00 a 22:00 horas, abarcando todos los días de la semana, con el fin de evaluar el desempeño del sistema ferroviario en términos de eficiencia temporal.

Cuadro 3: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según día de la semana (Minutos)

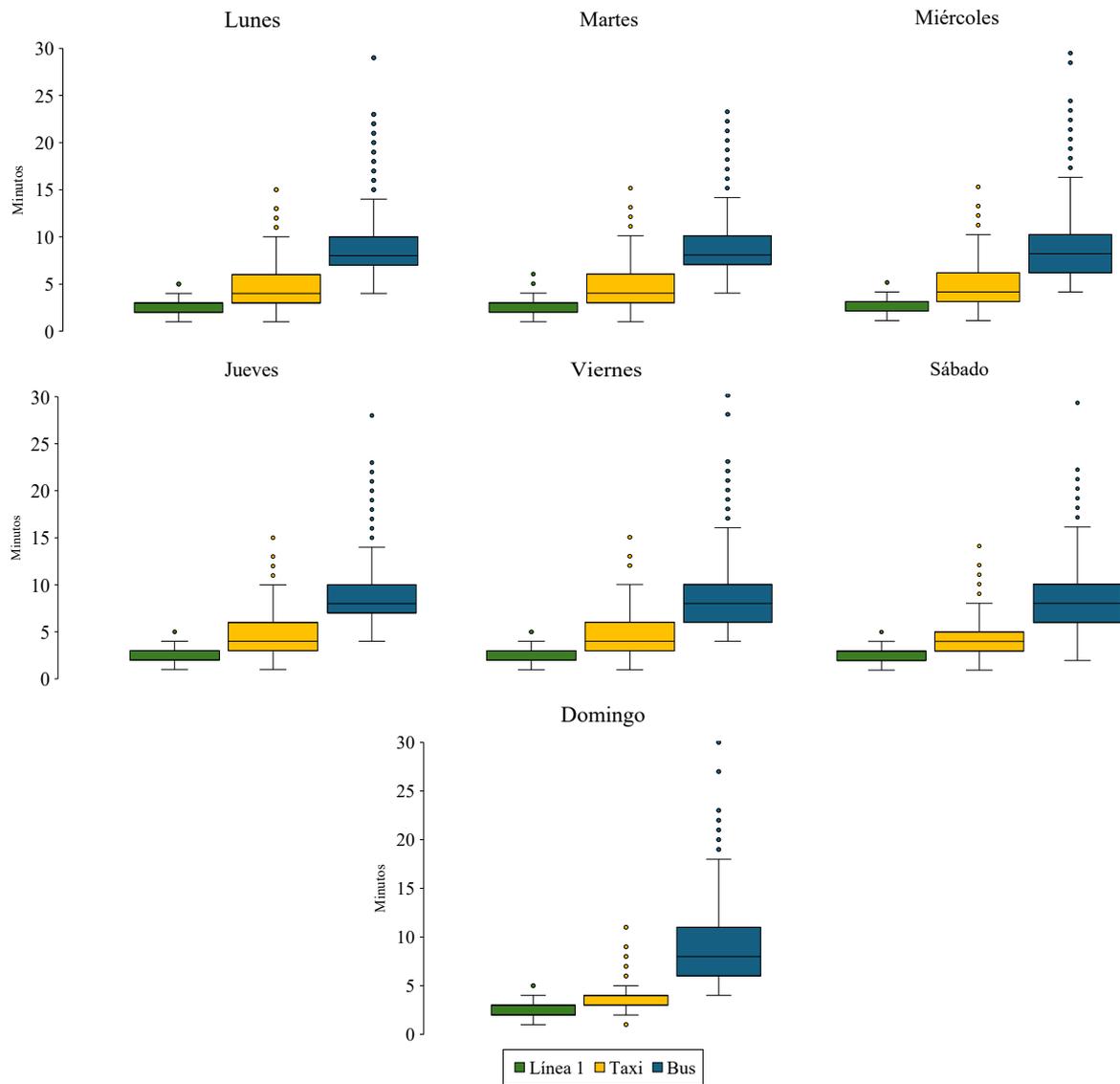
	Tiempo de viaje			Ahorro de tiempo de L1	
	L1 [a]	Bus [b]	Taxi [c]	Respecto bus [d] = [a] - [b]	Respecto taxi [e] = [a] - [c]
Lunes	2,83	9,07	4,75	-6,24	-1,92
Martes	2,82	8,88	4,93	-6,06	-2,11
Miércoles	2,84	8,98	4,94	-6,14	-2,11
Jueves	2,83	8,96	4,92	-6,13	-2,09
Viernes	2,82	9,02	5,05	-6,20	-2,23
Sábado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

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

La Línea 1 presenta un tiempo de viaje significativamente inferior en comparación con buses y taxis, registrando en promedio 2,82 minutos entre estaciones contiguas, con mínima variación semanal. Esto contrasta notablemente con los 8,97 minutos promedio del bus y los

<sup>4</sup>Documento disponible en: <https://apeim.com.pe/wp-content/uploads/2024/01/APEIM-Informe-de-Niveles-Socioeconomicos-2023-2024-Version-WEB.pdf>

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



Fuente: Google Maps

4,80 minutos del taxi, resultando en un ahorro de tiempo efectivo de viaje de 6,1 minutos por estación frente al bus y 2,0 minutos respecto al taxi.

Además, la Línea 1 demuestra una estabilidad notable en sus tiempos de viaje (entre 2,81 y 2,84 minutos), con una desviación estándar mínima (0,01 minutos en días laborables y 0,00 en fines de semana), por lo que podría resultar una opción más predecible y confiable. En contraste, buses y taxis muestran mayores fluctuaciones debido al tráfico, con tiempos más prolongados en buses los domingos (9,18 minutos) y en taxis los viernes (5,05 minutos), y una mayor variabilidad general (desviaciones estándar de 0,22 minutos para buses y 0,33 minutos para taxis en fines de semana).

En la figura 3 se grafica lo mencionado. Como se aprecia, La Línea 1 presenta una menor dispersión y menos valores atípicos en sus tiempos de viaje entre estaciones contiguas, lo que indica un servicio altamente regular y predecible. En contraste, tanto los taxis como los buses muestran una mayor variabilidad e imprevisibilidad, con una mayor dispersión y un número considerable de valores atípicos (principalmente en los viajes en bus). Este patrón se atribuye a que los modos de transporte que operan en la infraestructura vial están sujetos a factores externos como la congestión y las fluctuaciones en la demanda.

Adicionalmente, se sospecha que los tiempos de viaje también podrían ser distintos según la dirección del viaje. Sin embargo, el cuadro 4 revela que la Línea 1 mantiene tiempos de viaje casi constantes en ambas direcciones, con 2,82 minutos hacia la estación Villa El Salvador (VES) y 2,83 minutos hacia la estación Bayóvar (BAY), una diferencia mínima de 0,02 minutos. Esto refleja la estabilidad y regularidad de la Línea 1 ya que no se ve afectada por la congestión vehicular.

Cuadro 4: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según dirección de viaje (Minutos)

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

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

En contraste, los tiempos de viaje en bus muestran una diferencia más notable: 8,67 minutos hacia VES frente a 9,28 minutos hacia BAY, una diferencia de 0,61 minutos. Esta disparidad en los buses sugiere que factores externos como la congestión vehicular o la distribución de pasajeros impactan de manera diferencial el desempeño según la dirección del viaje.

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

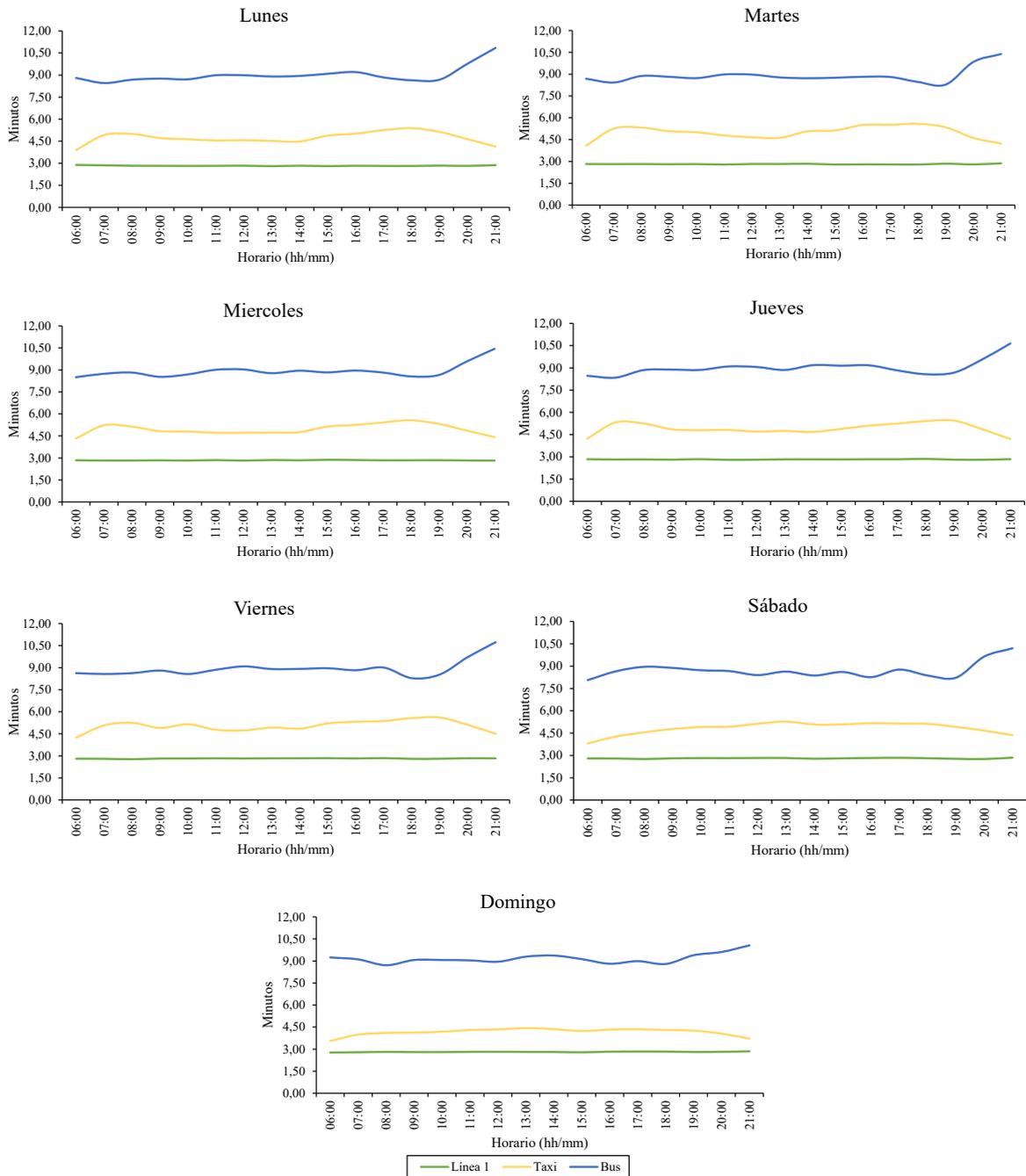
El cuadro 5 compara los tiempos promedios de viaje entre estaciones contiguas según el rango horario en el que se realicen. El referido cuadro detalla que la Línea 1 es la opción de transporte más rápida y regular en todas las direcciones (hacia VES o BAY) y horarios,

Cuadro 5: Comparación de promedios de tiempos de viaje entre estaciones contiguas según horario de viaje (Minutos)

	Tiempo de viaje			Ahorro de tiempo de L1	
	L1 [a]	Bus [b]	Taxi [c]	Respecto bus [d] = [a] - [b]	Respecto taxi [e] = [a] - [c]
<b>Dirección a VES</b>					
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
<b>Dirección BAY</b>					
6:00 - 7:00 h	2,83	9,04	4,13	-6,20	-1,30
7:00 - 8:00 h	2,84	8,94	5,27	-6,10	-2,43
8:00 - 9:00 h	2,82	9,04	5,37	-6,22	-2,56
9:00 - 10:00 h	2,83	9,02	4,95	-6,19	-2,12
10:00 - 11:00 h	2,84	8,95	4,73	-6,11	-1,89
11:00 - 12:00 h	2,83	9,17	4,67	-6,35	-1,84
12:00 - 13:00 h	2,84	9,25	4,59	-6,41	-1,75
13:00 - 14:00 h	2,84	9,10	4,67	-6,26	-1,83
14:00 - 15:00 h	2,83	9,20	4,58	-6,37	-1,75
15:00 - 16:00 h	2,84	9,19	4,83	-6,35	-1,99
16:00 - 17:00 h	2,84	9,12	5,05	-6,28	-2,21
17:00 - 18:00 h	2,85	9,21	5,07	-6,36	-2,23
18:00 - 19:00 h	2,83	9,01	5,11	-6,17	-2,27
19:00 - 20:00 h	2,83	8,99	4,90	-6,16	-2,08
20:00 - 21:00 h	2,83	10,38	4,44	-7,54	-1,60
21:00 - 22:00 h	2,84	10,94	4,15	-8,10	-1,31
D. E. dirección VES	0,01	0,47	0,38		
D. E. dirección BAY	0,01	0,54	0,35		

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

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



Fuente: Google Maps

ofreciendo ahorros de tiempo considerables frente al bus (promedio de 5,85 minutos hacia VES y 6,45 minutos hacia BAY) y frente al taxi (promedio de 2,06 minutos hacia VES y 1,95 minutos hacia BAY).

Como ya se había señalado, la Línea 1 mantiene una estabilidad notable en sus tiempos de viaje con variaciones mínimas y una desviación estándar de 0,01 minutos en ambas direcciones, mientras que, los buses y taxis muestran fluctuaciones significativas debido a la congestión y demanda vial; por ejemplo, los tiempos en bus pueden llegar hasta 10,15 minutos hacia VES y 10,94 minutos hacia BAY en horas nocturnas, donde el ahorro de tiempo de la Línea 1 es máximo (7,31 minutos hacia VES y 8,10 minutos hacia BAY). La mayor variabilidad en buses (desviación estándar de 0,47 minutos hacia VES y 0,54 minutos hacia BAY) y taxis (desviación estándar de 0,38 minutos hacia VES y 0,35 minutos hacia BAY) en contraste con la Línea 1, resalta la predictibilidad de la línea de metro.

En concordancia con lo visto en el cuadro 5, la figura 4 ilustra como la Línea 1 mantiene una notable estabilidad en sus tiempos de viaje durante toda la semana y en distintos momentos del día. Este medio de transporte ofrece un ahorro de tiempo considerable y consistente en comparación con el bus y el taxi, cuyos tiempos promedio son significativamente mayores en todas las franjas horarias, especialmente por la noche, cuando la brecha se amplía. Este incremento nocturno se puede deber a la creciente congestión vial, logrando que los vehículos viajen hasta 11 km/h<sup>5</sup>. Esto afectaría directamente los tiempos del bus, que tienden a aumentar en particular entre las 19:00 y 21:00 horas. Por su parte, los taxis muestran una ligera reducción en sus tiempos de viaje, posiblemente por el uso de rutas alternas y aplicativos que permiten optimizar los tiempos de viaje.

## 6.2. Comparación de los tiempos de viaje considerando tiempo de espera

En esta subsección se analizan los tiempos de viaje en la Línea 1, el bus y el taxi, incorporando el tiempo de espera en cola, con el objetivo de determinar si, incluso bajo estas condiciones, la Línea 1 conserva su ventaja en términos de tiempo. Para ello, nos enfocamos en las rutas de mayor demanda (más frecuentes), las cuales son determinadas a partir de la distribución de la demanda de pasajeros de la Línea 1 en el 2024 presentada en el cuadro 6 (con abreviaturas de estaciones en el Anexo A.7). Este cuadro que presenta las estaciones ordenadas desde Villa El Salvador hasta Bayóvar, muestra los patrones de movilidad, identificando las horas punta con mayor afluencia y las estaciones más concurridas, señaladas por la intensidad del color rojo.

El referido cuadro registra los ingresos de pasajeros mas no las salidas. En ese sentido, se observa que estaciones periféricas como Villa El Salvador y Bayóvar registran una alta afluencia por las mañanas, mientras que las estaciones céntricas como Angamos, La Cultura, Gamarra y Miguel Grau concentran gran cantidad de ingreso de pasajeros por la tarde y noche. Esto sugiere un patrón de viaje donde los usuarios se desplazan de la periferia al centro por la mañana y regresan por la tarde. Con base en esta información, y asumiendo que los pasajeros que viajan por una ruta en la mañana regresan por la misma en la tarde, se han identificado las rutas de mayor frecuencia (con más de un millón de pasajeros en 2024), detalladas en el cuadro 7.

Una vez determinadas las rutas más frecuentes, en el cuadro 8 se presenta el promedio

---

<sup>5</sup>De acuerdo con la Asociación Automotriz del Perú, el marcado colapso vehicular en Lima evidencia que, en los horarios nocturnos las velocidades de los vehículos descienden hasta los 11 km/h; es decir, presentan una velocidad inferior a la velocidad promedio de un ciclista (12 a 15 km/h). Revisar: <https://aap.org.pe/colapso-vehicular-en-lima-la-velocidad-promedio-cae-hasta-11-km-h-en-las-noches/>

Cuadro 6: Demanda de pasajeros de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao en el año 2024 (Miles de pasajeros)

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

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

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

Cuadro 7: Rutas frecuentes en la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

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

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

del tiempo total de viaje (que incluye el tiempo efectivo de viaje como el tiempo de espera en cola) para los usuarios al emplear la Línea 1, buses y taxis, así como los ahorros que implica usar la Línea 1 en comparación con los demás medios de transporte. Para estos cálculos, se utilizó el promedio del tiempo de espera en cola (TEC) de la Línea 1, obtenido de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de Usuarios 2023 realizada por Ositrán.

Es importante señalar que, el tiempo de espera en cola para la Línea 1 incluye tanto el tiempo promedio de espera para ingresar a la estación como el tiempo promedio de espera del tren (4,5 minutos)<sup>6</sup>. El tiempo de viaje en bus considera el tiempo promedio de espera de los autobuses (11 minutos), según la información proporcionada por la página web de Moovit, mientras que el tiempo de viaje en taxi incluye el tiempo promedio de espera de los taxis (6,9 minutos). Dado que no se dispone de datos sobre el tiempo promedio de espera de taxis para Lima, se ha tomado como referencia el dato calculado por [Insardi y Lorenzo \(2020\)](#) para la ciudad de São Paulo, Brasil.

Como se observa en el cuadro 8, durante la mañana (de 6:00 a 11:00 horas), el tiempo total de viaje promedio en la Línea 1 es de 51,7 minutos. Este valor representa un ahorro de 29,0 minutos en comparación con el bus (80,7 minutos) y de 3,7 minutos respecto al taxi (55,4 minutos). La ruta VES → GAM muestra el mayor ahorro frente al bus, con 42,1 minutos.

En cambio, durante la tarde (de 16:00 a 20:00 horas), si bien la Línea 1 sigue siendo más rápida que el bus, con un ahorro promedio de 21,5 minutos y un máximo de 38,6 minutos en la ruta MIG → VES, el taxi resulta, en promedio, más veloz que la Línea 1. Esta ventaja del taxi en el horario de la tarde se explica principalmente por los mayores tiempos de espera en cola que presenta la Línea 1 en ese tramo del día.

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

En la referida figura se observa que el mayor ahorro promedio de tiempo se registra frente al servicio de bus. Durante las mañanas, los viajes en rutas frecuentes con dirección

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

Cuadro 8: Cálculo del ahorro de tiempo de viajar en las rutas frecuentes de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao (Minutos)

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

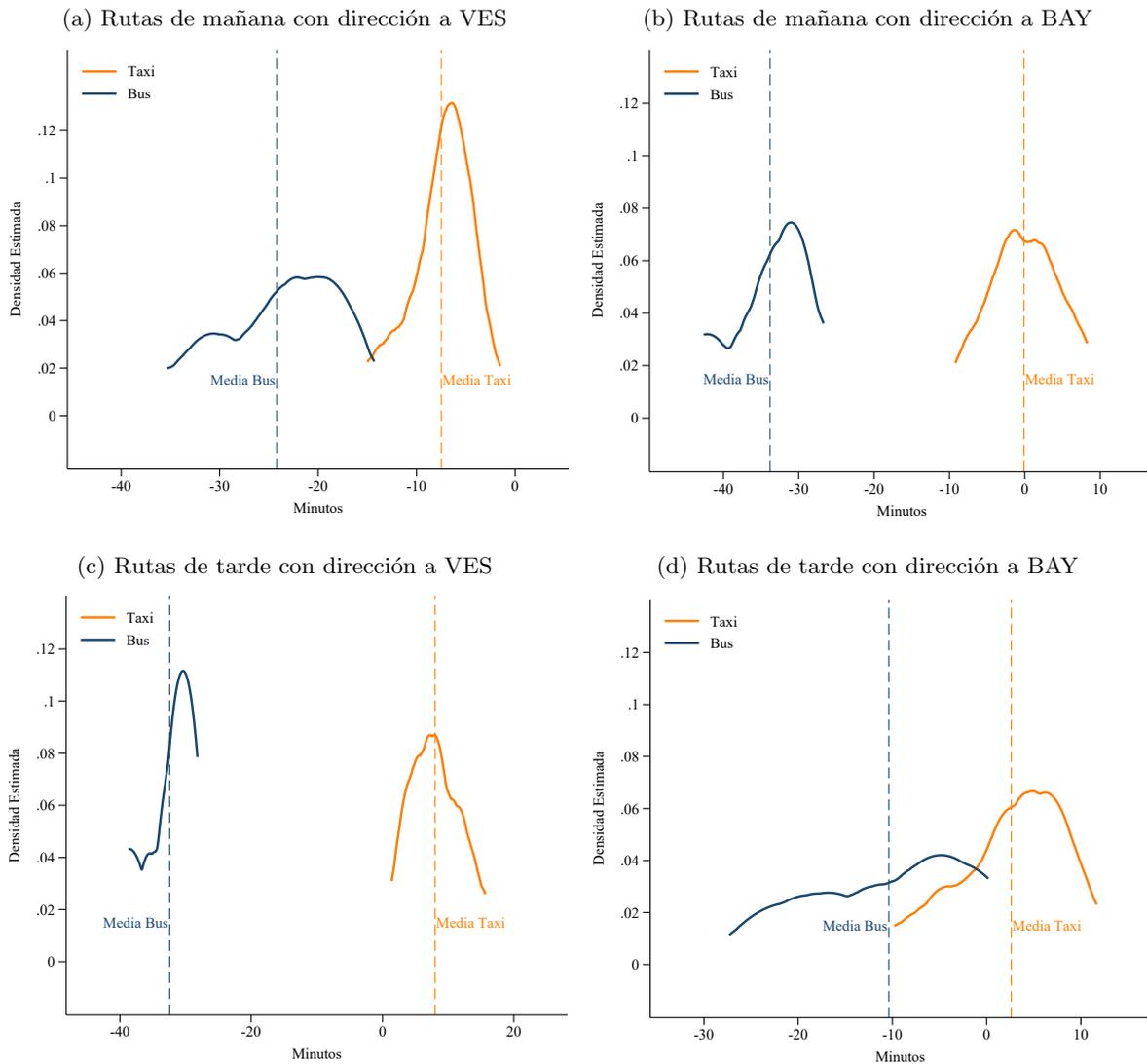
Nota: TEV es tiempo efectivo de viaje, TEC es tiempo de espera en cola y TTV es el tiempo total de viaje. Los TEV han sido calculados como la suma de TVE entre las estaciones contiguas. El TEV ha sido extraído de Google Maps.

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

<sup>2/</sup> 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>.

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

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



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

a BAY (panel 5b) presentan un ahorro promedio de 33,8 minutos, mientras que hacia VES (panel 5a) el ahorro alcanza los 24,2 minutos. Por la tarde, si bien las diferencias se reducen, la Línea 1 sigue siendo considerablemente más rápida, los usuarios ahorran en promedio 32,4 minutos en las principales rutas con dirección hacia VES (panel 5c) y 10,4 minutos en las rutas hacia BAY (panel 5d).

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

En general, los resultados presentados en el cuadro 8 y figura 5 evidencian que la Línea 1 constituye la opción de transporte considerablemente más rápida que el bus, registrando ahorros de tiempo sustanciales en todas las rutas analizadas. Incluso en el horario de la mañana, la Línea 1 muestra ventajas de ahorro de tiempo frente al taxi; sin embargo, esta situación no se replica en el horario de la tarde, debido principalmente a los mayores tiempos de espera en cola. Aunque en términos de calidad y precio el taxi no puede considerarse un sustituto de la Línea 1, la comparación de tiempos de viaje con este medio responde al interés de destacar que, aun frente a un transporte particular, la Línea 1 puede ofrecer trayectos más rápidos en numerosos casos.

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

Siguiendo la metodología propuesta por Bonifaz (2000) y replicada por Calmet y Capurro (2011), se ha calculado el valor social del tiempo (VST) con el objetivo de cuantificar el ahorro en tiempo de viaje en términos económicos. En el cuadro 9 se presenta dicho cálculo utilizando la ecuación (2) para cada nivel socioeconómico (NSE). De acuerdo con la información del cuadro, el VST para el NSE A es de 0,74 soles por minuto, mientras que para el NSE E es de 0,10 soles por minuto.

Es relevante señalar que los coeficientes  $\alpha$  han sido extraídos del informe elaborado por el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP, 2012). Además, los datos sobre el ingreso mensual bruto por persona, las horas trabajadas y los intervalos correspondientes a cada NSE se han obtenido de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) 2023. Para el cálculo de los NSE se ha utilizado como referencia los valores proporcionados por la Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados (Apeim).

A partir de los cálculos anteriores, en el cuadro 10 se presenta el valor económico del tiempo ahorrado al utilizar las rutas más frecuentes de la Línea 1 en comparación con el uso del bus. En dicho cuadro, se cuantifica el ahorro de tiempo en minutos y se estima el beneficio económico derivado de este ahorro en términos monetarios, considerando un intervalo inferior

Cuadro 9: Cálculo del valor social del tiempo al 2023

NSE	Ingreso mensual bruto por persona (soles)	Promedio mensual de horas trabajadas	$\alpha$	$(1-\alpha)$	VTT (soles por hora)	VTO (soles por hora)	VST (soles por minuto)	
							(soles por hora)	(soles por hora)
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,  $\alpha$  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  $\alpha$  han sido tomados del documento elaborado por el Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico - CIUP (2012) y el ingreso mensual bruto por persona, las horas trabajadas y los intervalos que componen los NSE han sido determinados a partir de la Encuesta Nacional de Hogares (Enaho) 2023. Asimismo, para el cálculo de los NSE se ha tomado como referencia los valores calculados por la Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados (Apeim) disponibles en: <https://apeim.com.pe/wp-content/uploads/2024/01/APEIM-Informe-de-Niveles-Socioeconomicos-2023-2024-Version-WEB.pdf>

Cuadro 10: Valor económico del tiempo ahorrado por viajar en las rutas frecuentes de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao

Horario	Ruta	Ahorro de tiempo de L1 respecto del bus (Minutos)		Ahorro económico respecto del bus por cada viaje (Soles)		Ahorro económico respecto del bus por un millón de viajes (Soles)	
		Intervalo inferior	Intervalo superior	Intervalo inferior	Intervalo superior	Intervalo inferior	Intervalo superior
<b>Mañana</b> (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	
<b>Tarde</b> (de 16:00 a 20:00 horas)	ANG → VES	-28,4	-2,8	-21,0	-2 835 569	-20 983 214	
	ANG → BAY	-21,8	-2,2	-16,1	-2 175 065	-16 095 482	
	CUL → VES	-30,5	-3,0	-22,5	-3 046 742	-22 545 894	
	CUL → BAY	-14,4	-1,4	-10,6	-1 436 954	-10 633 462	
	GAM → VES	-32,3	-3,2	-23,9	-3 228 151	-23 888 319	
	GAM → BAY	-3,5	-0,4	-2,6	-350 840	-2 596 219	
	MIG → VES	-38,6	-3,9	-28,6	-3 858 718	-28 554 517	
	MIG → BAY	-2,7	-0,3	-2,0	-265 833	-1 967 167	
	Promedio	-21,5	-2,1	-15,9	-2 149 734	-15 908 034	

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

como uno superior. Estos intervalos están determinados por el valor social del tiempo de los pasajeros, siendo el intervalo inferior correspondiente a aquellos de nivel socioeconómico E, y el intervalo superior, a los de nivel socioeconómico A.

Como se puede observar en el cuadro 10, en el horario de la mañana (de 6:00 a 11:00 horas), el ahorro de tiempo promedio en la Línea 1 con respecto al bus es de 29,0 minutos. A nivel agregado, considerando un millón de viajes, este ahorro representa entre 2,9 millones de soles y 21,5 millones de soles, dependiendo del perfil socioeconómico de los pasajeros. Las rutas que presentan los mayores beneficios económicos corresponden a VES → GAM y VES → MIG. En términos agregados, estas rutas pueden generar un ahorro de hasta 31,1 y 24,8 millones de soles por millón de viajes, respectivamente. En contraste, la menor reducción de costos se observa en la ruta BAY → MIG, con un ahorro que oscila entre 1,9 y 13,8 millones de soles por millón de viajes.

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

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

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

## 7. Conclusiones y recomendaciones

El objetivo principal del presente trabajo de investigación es cuantificar cómo la Línea 1 del Metro de Lima y Callao ha logrado reducir los tiempos de viaje en comparación con otros medios de transporte. Para ello, se utilizó la herramienta de Google Maps para obtener datos sobre los tiempos de viaje de diversos modos de transporte como la Línea 1, los buses y los taxis. Si bien la recopilación de esta información podría hacerse de forma manual, este enfoque resulta inviable debido a la gran cantidad de estaciones, días y horarios involucrados. Por ello, se recurre al uso de herramientas automatizadas de *web scraping* que permiten realizar esta tarea de manera eficiente y sistemática.

Luego del análisis comparativo realizado se ha encontrado que, los tiempos efectivos

de viaje (sin considerar el tiempo de espera en cola) entre la Línea 1, los buses y los taxis muestra que la Línea 1 es significativamente más rápida, con un tiempo promedio de 2,82 minutos entre estaciones contiguas, en comparación con los 8,97 minutos del bus y los 4,80 minutos del taxi. Esto se traduce en un ahorro de tiempo promedio de 6,1 minutos por cada estación frente a los buses y 2,0 minutos por cada estación respecto al taxi.

Por otro lado, la Línea 1 muestra una alta estabilidad en sus tiempos efectivos de viaje, con una desviación estándar de solo 0,01 minutos, mientras que los buses y taxis muestran mayores fluctuaciones debido al tráfico y la demanda variable. Este patrón permite identificar que la Línea 1 es una alternativa altamente confiable en términos de predictibilidad del tiempo de viaje.

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

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

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

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

hasta la estación Villa El Salvador, con un ahorro de hasta S/ 28,6 por viaje en la tarde.

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

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

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

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

## Referencias

- Aguirre, J. C. (2012). Algunos impactos generales de los contratos de concesión sobre las operaciones de las empresas operadoras de las infraestructuras de transporte y sobre los consumidores en el Perú. *Revista de Derecho Administrativo*(12), 273–284.
- Al-Salih, W. Q., y Esztergár-Kiss, D. (2021). Linking mode choice with travel behavior by using logit model based on utility function. *Sustainability*, 13(8), 4332.
- Baum-Snow, N., Kahn, M. E., y Voith, R. (2005). Effects of urban rail transit expansions: Evidence from sixteen cities, 1970-2000 [with comment]. *Brookings-Wharton papers on urban affairs*, 147–206.
- Bonifaz, J. L. (2000). Cálculo de precios sociales: el valor social del tiempo. *Universidad del Pacífico, Centro de Investigación*. Descargado de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/estudios\\_documentos/estudios/ValorSocialTiempo.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/estudios/ValorSocialTiempo.pdf) (Disponible en línea)
- Bougheas, S., Demetriades, P. O., y Morgenroth, E. L. (1999). Infrastructure, transport costs and trade. *Journal of international Economics*, 47(1), 169–189.
- Brons, M., y Rietveld, P. (2008). Rail mode, access mode and station choice: The impact of travel time unreliability.
- Calmet, D., y Capurro, J. M. (2011). El tiempo es dinero: Cálculo del valor social del tiempo en lima metropolitana para usuarios de transporte urbano. *Revista Estudios Económicos*, 20, 73–86.
- Chen, Z., y Haynes, K. E. (2017). Impact of high-speed rail on regional economic disparity in China. *Journal of Transport Geography*, 65, 80–91.
- CIUP. (2012). Estimación del valor social del tiempo. *Estudio realizado por encargo de la Dirección General de Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas*. Descargado de [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/parametros\\_evaluacion\\_social/Valor\\_Social\\_Tiempo.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/parametros_evaluacion_social/Valor_Social_Tiempo.pdf) (Instituto de la Universidad del Pacífico)
- Contreras, C., Aguilar, D., y Lázaro, J. (2024). Impacto del transporte masivo en la informalidad de vivienda: El caso de la línea 1 del metro de lima. *Argumentos*, 5(1), 5–34.
- Del Carpio, L. (2023). Impacto de las asociaciones público-privadas de infraestructura de transporte en el desarrollo económico en Perú. *Global Business Administration Journal*, 7(1), 27–46.
- Donaldson, D. (2018). Railroads of the Raj: Estimating the impact of transportation infrastructure. *American economic review*, 108(4-5), 899–934.
- Flores, A., y Chang, V. (2020). Relación entre la demanda de transporte y el crecimiento económico: Análisis dinámico mediante el uso del modelo ARDL. *Revista de Economía y Finanzas*, 43(122).
- Fu, X., y Gu, Y. (2018). Impact of a new metro line: analysis of metro passenger flow and travel time based on smart card data. *Journal of advanced transportation*, 2018(1), 9247102.
- Gao, Q.-L., Li, Q.-Q., Zhuang, Y., Yue, Y., Liu, Z.-Z., Li, S.-Q., y Sui, D. (2019). Urban commuting dynamics in response to public transit upgrades: A big data approach. *Plos one*, 14(10), e0223650.
- Golias, J. C. (2002). Analysis of traffic corridor impacts from the introduction of the new Athens Metro system. *Journal of Transport Geography*, 10(2), 91–97.
- Gwilliam, K. M. (1997). The value of time in economic evaluation of transport projects: Lessons from recent research. *World Bank (Washington DC)*.
- Haider, M., y Miller, E. J. (2000). Effects of transportation infrastructure and location on

- residential real estate values: Application of spatial autoregressive techniques. *Transportation Research Record*, 1722(1), 1–8.
- Heuermann, D. F., y Schmieder, J. F. (2019). The effect of infrastructure on worker mobility: evidence from high-speed rail expansion in Germany. *Journal of economic geography*, 19(2), 335–372.
- Insardi, A., y Lorenzo, R. O. (2020). Measuring accessibility: A big data perspective on uber service waiting times. *Revista de Administração de Empresas*, 59, 402–414.
- Khadaroo, J., y Seetanah, B. (2007). Transport infrastructure and tourism development. *Annals of tourism research*, 34(4), 1021–1032.
- Khder, M. A. (2021). Web scraping or web crawling: State of art, techniques, approaches and application. *International Journal of Advances in Soft Computing & Its Applications*, 13(3).
- Li, H., Strauss, J., Shunxiang, H., y Lui, L. (2018). Do high-speed railways lead to urban economic growth in China? a panel data study of china's cities. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 69, 70–89.
- Lin, D., Broere, W., y Cui, J. (2022). Metro systems and urban development: Impacts and implications. *Tunnelling and underground space technology*, 125, 104509.
- Ma, S., Yu, Z., y Liu, C. (2020). Nested logit joint model of travel mode and travel time choice for urban commuting Trips in xi'an, China. *Journal of Urban Planning and Development*, 146(2), 04020020.
- Ositrán. (2023). Informe de Desempeño 2023 del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1. *Informe de Desempeño*.
- Parbo, J., Nielsen, O. A., y Prato, C. G. (2018). Reducing passengers' travel time by optimising stopping patterns in a large-scale network: A case-study in the Copenhagen Region. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113, 197–212.
- Persson, E. (2019). *Evaluating tools and techniques for web scraping*.
- Pineda, C., y Lira, B. M. (2019). Travel time savings perception and well-being through public transport projects: The case of Metro de Santiago. *Urban Science*, 3(1), 35.
- Shi, J., Yang, L., Yang, J., y Gao, Z. (2018). Service-oriented train timetabling with collaborative passenger flow control on an oversaturated metro line: An integer linear optimization approach. *Transportation Research Part B: Methodological*, 110, 26–59.
- Singh, R., Graham, D. J., y Anderson, R. J. (2020). Quantifying the effects of passenger-level heterogeneity on transit journey times. *Data-Centric Engineering*, 1, e15.
- Šperka, A., Dedík, M., y Hrudkay, K. (2021). Transfer times improving in railway stations through the economic indicators. *Transportation Research Procedia*, 55, 260–267.
- Thrane, C. (2015). Examining tourists' long-distance transportation mode choices using a Multinomial Logit regression model. *Tourism Management Perspectives*, 15, 115–121.
- Zhao, X., Yan, X., Yu, A., y Van Hentenryck, P. (2020). Prediction and behavioral analysis of travel mode choice: A comparison of machine learning and logit models. *Travel behaviour and society*, 20, 22–35.

## A. Anexos

### A.1. Revisión de literatura internacional

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
<a href="#">Golias (2002)</a>	Este documento se centra 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"> <li>Variable categórica de modo de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de viaje.</li> <li>Costo de viaje.</li> </ul>	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.
<a href="#">Baum-Snow et al. (2005)</a>	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 panel: para 16 ciudades de 1970 a 2000.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso del transporte público (participación).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distancia al distrito central (en <i>dummy</i> para algunas estimaciones).</li> <li>Distancia a una línea ferroviaria.</li> </ul>	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.
<a href="#">Brons y Rietveld (2008)</a>	Determinar el impacto de la falta de confiabilidad en los tiempos de viaje en el comportamiento de elección de los pasajeros de tren.	Áreas de poscódigo de Holanda.	Datos transversales: 1440 áreas poscódigo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variable categórica de modo de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de viaje.</li> <li>Dimensión del retraso y puntualidad.</li> </ul>	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.

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

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
<b>Thrane (2015)</b>	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"> <li>Variable categórica de modo de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de viaje (en horas).</li> <li>Distancia de viaje.</li> </ul>	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.
<b>Chen y Haynes (2017)</b>	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"> <li>PIB per cápita.</li> <li>Índice de Theil</li> <li>Índice de Gini.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de capital físico.</li> <li>Dotaciones de infraestructura ferroviaria.</li> <li>Indicador de accesibilidad de tiempo de viaje).</li> </ul>	Panel con EF y EA	El HSR ha contribuido a cerrar brechas entre regiones ricas y pobres, con un efecto más notable en el centro y el oeste de China. La mejora en el indicador de accesibilidad (tiempo de viaje) ha contribuido a una reducción en la desigualdad económica regional a nivel nacional en China.
<b>Donaldson (2018)</b>	Investigar el impacto de la red ferroviaria de la India utilizando datos de archivo de la India colonial.	Distritos de la India.	Panel de datos: 235 distritos para los años 1870 a 1930.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precio de la sal.</li> <li>Valor de exportaciones real agrícola.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distancia de la ruta de menor costo.</li> <li><i>Dummy</i> que es 1 cuando el ferrocarril es construido en el distrito</li> </ul>	MCO	Los ferrocarriles disminuyeron los costos comerciales, lo que a su vez hizo aumentar el comercio interregional e internacional y generando mayores niveles de ingreso real.

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

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

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
<b>Fu y Gu (2018)</b>	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"> <li>■ Flujo de pasajeros.</li> <li>■ Tiempos de viaje.</li> </ul>	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.
<b>Li et al. (2018)</b>	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"> <li>■ Medida de accesibilidad de ciudad.</li> <li>■ PIB per cápita.</li> <li>■ PIB per cápita. 2/</li> </ul>	Causalidad Granger		Los aumentos en la accesibilidad conducen a aumentos significativos y relativamente grandes en el crecimiento económico a nivel de la ciudad.
<b>Parbo et al. (2018)</b>	Formular el problema de salto de parada como un problema de optimización de dos niveles. A través del cual permita encontrar un equilibrio entre el aumento del tiempo de espera de los pasajeros y la disminución del tiempo de viaje de los usuarios.	Rutas del sistema de ferrocarriles suburbanos deopenhague, Dinamarca.	Corte transversal: distintas rutas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Costo generalizado de viaje.</li> <li>■ Patrones de parada (<i>skip-stop patterns</i>).</li> <li>■ Comportamiento de los pasajeros.</li> <li>■ Frecuencia de trenes.</li> <li>■ Tiempos de espera.</li> </ul>	Problema de optimización de dos niveles		La reducción del tiempo de viaje en el vehículo de los pasajeros del tren fue del 5,5 %, la reducción del coste generalizado del viaje de los pasajeros fue del 3,2 %.

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

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

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Gao <i>et al.</i> (2019)	Demostrar cuál es la influencia de las mejoras en las líneas ferroviarias en los patrones de desplazamiento.	Zonas de análisis de tráfico.	Panel de datos: 491 zonas para los periodos de 5-11 de enero de 2015 y de 22-28 noviembre de 2016.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de desplazamiento desde la zona residencial hasta el centro de labores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Dummy</i> que toma 1 si está a menos de 2 km y 0 en otro caso.</li> </ul>	DID	Las mejoras en las líneas ferroviarias permitieron un mayor acceso a centros laborales y una reducción en el tiempo de desplazamiento hacia dichos centros.
Heurmann y Schmieder (2019)	Emplear la expansión de la red ferroviaria de alta velocidad en Alemania como un experimento natural para examinar el efecto causal de las reducciones en el tiempo de desplazamiento entre regiones.	Regiones alemanas.	Panel de datos: 352 regiones para los años de 1999 a 2010.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de viajeros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Duración del viaje. 3/</li> </ul>	VI	La reducción del tiempo de viaje del 1% aumenta el número de viajeros entre regiones en un 0,25%. Los resultados indican que los beneficios de las inversiones en infraestructura ferroviaria se concentran en particular en las regiones periféricas.
Pineda y Lira (2019)	Verificar si la implementación de la nueva línea de Metro de Santiago efectivamente redujo el tiempo de viaje y recoger la percepción de los usuarios sobre el ahorro en el tiempo de viaje.	Viajes de la Línea 6 del Metro de Santiago (Chile).	Datos transversales: 2986 viajes en los años 2017 y 2018.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bienestar subjetivo y satisfacción con el viaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Percepción del tiempo de viaje.</li> </ul>	<p>Análisis costo - beneficio y CFA</p>	Se concluyó que se ahorró en el tiempo de viaje para aquellos usuarios que tienen el mismo origen y destino. Los tiempos de viaje disminuyeron en un 14% en viajes comparables después del lanzamiento de la Línea 6.

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

3/ Emplean como instrumento la expansión de la red ferroviaria de alta velocidad.

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Zhao <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.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variable categórica de modo de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de viaje (minutos).</li> <li>Tiempo de espera para transporte público.</li> </ul>	Modelos de aprendizaje automatizado, MLA y MLM.	Un aumento del 10% en el tiempo de viaje reduce en un 4,2% la probabilidad de elegir el transporte público y en un 3,6% la probabilidad de optar por el automóvil privado.
Ma <i>et al.</i> (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"> <li>Variable categórica de modo de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de viaje (minutos).</li> <li>Distancia.</li> </ul>	MLA	Los viajeros seleccionan su modo de transporte según el tiempo de viaje, lo que hace que este modelo sea útil para predecir sus decisiones. El tiempo de viaje tiene un impacto negativo en opciones como caminar, ir en bicicleta, tomar el autobús o taxi. Además, los empleados públicos, personal médico, maestros y técnicos son más sensibles a este factor que otros viajeros.
Singh <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 del Metro de Londres.	Datos panel: 8000 pasajeros de una misma ruta por 35 días.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medida de tiempo de viaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidades de tren.</li> <li>Indicadores de demanda de pasajeros.</li> <li>Coefficiente de variación (COV) de avance.</li> </ul>	Panel con EF	Las características operativas y de demanda explican el 96% de la variación en los tiempos de viaje. Siendo la velocidad el principal factor predominante.

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

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
Al-Salih 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"> <li>Variable de modo de transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de viaje (minutos).</li> <li>Distancia del viaje.</li> </ul>	MNL y MLA	La variable de distancia del viaje fue la más estadísticamente significativa, seguida de tiempo de viaje y propósito de la actividad. El estudio indica que estos parámetros deben considerarse principalmente al elaborar modelos de tráfico urbano y planes de viaje.
Šperka et al. (2021)	Analizar y proponer puntos de mejora con respecto a los tiempos de transferencia en las estaciones de la red ŽSR en Eslovaquia. Mediante estas mejoras se busca reducir los tiempos de viaje y los costos asociados de los usuarios.	Estaciones de la red ferroviaria ŽSR.	Series de tiempo: 1994 a 2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valor monetario del tiempo de viaje.</li> </ul>	N. A.	Análisis estadístico y descriptivo	La reducción de los tiempos de viaje disminuye las pérdidas de tiempo y las pérdidas financieras para los empleados y los empleadores. En última instancia eso mejora la economía local.

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

## A.2. Revisión de literatura nacional

Autor	Objetivo	Unidad análisis	Estructura de datos	Var. dependiente	Var. explicativa	Metodología	Conclusiones
<a href="#">Aguirre (2012)</a>	Presentar algunos de los efectos ocasionados por las infraestructuras de transporte que cuentan con contratos de concesión supervisados y regulados por el Ositrán.	Terminales portuarios concesionados en Perú.	Serie de tiempo: datos 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.
<a href="#">Flores y Chang (2020)</a>	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"> <li>▪ Pasajeros movilizados.</li> <li>▪ PIB per cápita. 1/</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pasajeros movilizados.</li> <li>▪ PIB per cápita. 1/</li> </ul>	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 %.
<a href="#">Del Carpio (2023)</a>	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"> <li>▪ PIB e ingresos.</li> <li>▪ VDE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Stock de capital ferroviario.</li> </ul>	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.
<a href="#">Contreras et al. (2024)</a>	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"> <li>▪ Informalidad de la vivienda (título de propiedad).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Dummy</i> que toma 1 para las viviendas a menos de 1 km de distancia y 0 en otro caso.</li> </ul>	DID	La Línea 1 del Metro tuvo un impacto positivo en la reducción de la informalidad de la vivienda en las zonas que se encuentran aledañas a sus estaciones.

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

### A.3. Desarrollo de una biblioteca de *web scraping* para la extracción de datos de Google Maps

#### A.3.1. Función de extracción de datos para cada lista de URL

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

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

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

    data = {}

    try:
        driver.get(url)

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

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

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

    data = {
        'Lugar de Inicio': punto_inicio,
        'Lugar de Llegada': punto_llegada,
        'Tiempos de Viaje': tiempos_str
    }
```

```
except Exception as e:
    print(f"Error al procesar la URL {url}: {e}")

finally:
    driver.quit()

return data
```

### A.3.2. Función de extracción de datos para cada lista de URL

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

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

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

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

    df = pd.DataFrame(results)

    df.to_csv(output_file_with_date, index=False)

    print(df)

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

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

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

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

    df = pd.DataFrame(results)

    df.to_csv(output_file_with_date, index=False)

    print(df)
```

#### A.4. Ejecución y automatización de funciones en Jupyter Notebook

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

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

from public_transport import public_train
from public_transport import car_travel

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

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

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

public_train(public_list)

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

car_travel(car_list)

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

import time
import threading

stop_event = threading.Event()

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

                car_travel(car_list)

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

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

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

**A.5. Do-file empleado para calcular el tiempo de espera en cola que afrontan los usuarios de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao a partir de la Encuesta de Nivel de Satisfacción de los Usuarios 2023 del Ositrán**

```
cd "dirección de carpeta de trabajo"

use "BD NSU L1 2023.dta", clear

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

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

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

**A.6. Do-file empleado para calcular el ingreso mensual bruto por persona, las horas trabajadas y los intervalos que componen los NSE**

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

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

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

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

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

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

*****

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

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

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

use data_merged_2023.dta, clear

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

save data_probar_2.dta, replace

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

use data_probar_2.dta, clear

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

keep if ocu500 == 1 & ing_brut_per_cap > 0

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

**A.7. Abreviaturas de las estaciones de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao**

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

# PRO INVERSIÓN

## PRO INVERSIÓN

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



[www.investinperu.pe](http://www.investinperu.pe)

