



UNA MIRADA HACIA LA MOVILIDAD SOSTENIBLE

OBSERVATORIO DE ECONOMIA, DERECHO Y NEGOCIOS DE ESAN

Febrero 2024

Autores:

Carlos Aguirre

Gonzalo Canelo

Luis Mendiola



ESAN
intelligence

OBSERVATORIO DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS DE ESAN

Índice

Introducción.....	2
Capítulo 1: Nadie llega a nada: El problema de movilidad de la ciudad de Lima y sus consecuencias	4
Problemas de movilidad en la ciudad de Lima	4
¿Pero el problema de movilidad solo es un tema de tiempo de espera?	9
Capítulo 2: Movilidad sostenible ¿qué es? y ¿para qué sirve?	15
Movilidad sostenible ¿Por qué me debería importar?	17
Movilidad sostenible: Pasos iniciales para la ciudad de Lima:.....	23
Capítulo 3: Transición energética ¿gas natural o electricidad?	29
Transporte público eléctrico:	30
Gas Natural	46
Capítulo 4 - Conclusión	57
Bibliografía	61



INTRODUCCIÓN

En la actualidad la ciudad de Lima y Callao presentan un fuerte problema de congestión vehicular. Según el Índice de Congestión realizado por TomTom, la capital peruana ha sido catalogada como el centro urbano con mayor congestión vehicular en todo América Latina (2023). El tráfico ha sido concebido como uno de los problemas más recurrentes de toda la capital hasta el punto en que la población limeña lo concibe como algo natural y que no va a cambiar. Si bien, superficialmente, este problema puede verse como un tema únicamente de tiempo de espera, un análisis más profundo indica que la congestión vehicular tiene un impacto en la calidad de vida, la seguridad y la salud de la población.

El presente ebook ha sido desarrollado en base a los temas discutidos en el “Foro Internacional: el desafío de la Movilidad Sostenible” un evento que fue coorganizado por la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU), ESAN Intelligence (Observatorio de Economía, Derecho y Negocios ESAN) y la ONG Movis el 21 de Setiembre del 2023. El documento es una síntesis de las conclusiones principales a las que se llegó en el evento complementadas con investigación adicional y entrevistas que permitan entender de manera más completa las ideas planteadas.

El debate planteado en el Foro tenía como objetivo presentar a los asistentes las principales barreras para la movilidad en la ciudad de Lima; los proyectos de transporte que están siendo realizados en América Latina, las potencialidades y barreras presentes en la transición energética hacia fuentes eléctricas o de Gas Natural y,



finalmente, resaltar los beneficios sociales y ambientales que traería la transición como paradigma de sostenibilidad.

El e-book se divide en tres capítulos. En primer lugar, el capítulo 1 tiene el objetivo de presentarle al lector cómo se manifiesta el problema de la movilidad dentro de la ciudad de Lima. Se expone el impacto que esta problemática tiene en las esferas económicas, sociales y de calidad de vida en la población. Por otro lado, el capítulo 2 busca desarrollar el concepto de movilidad sostenible y por qué este es relevante. En este caso se trabajará en qué consiste el término y que tipo de propuestas plantea. Como tercer capítulo, el e-book busca presentar la propuesta de transición energética en el país, sus oportunidades y sus limitantes. Para esta parte se va a hacer un trabajo comparativo entre las energías eléctricas y el Gas Natural en el transporte público.



CAPÍTULO 1: NADIE LLEGA A NADA: EL PROBLEMA DE MOVILIDAD DE LA CIUDAD DE LIMA Y SUS CONSECUENCIAS

En la actualidad, el problema de la movilidad en la ciudad de Lima se ha convertido en uno de los temas principales dentro de la discusión tanto a nivel político como social. La falta de un sistema de movilidad eficiente genera un alto nivel de congestión vehicular debido a la cantidad de personas que se ven en la necesidad de emplear vehículos particulares o un sistema de transporte público “informal”. Las consecuencias que tiene el tráfico a nivel social pueden ser observadas tanto desde la esfera económica hasta en temas de salud.

Frente a esta necesidad, la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU) ha planteado que la capital tiene que hacer la transición hacia una “movilidad sostenible” con la finalidad de reducir el nivel de congestión vehicular; reducir los niveles de contaminación y mejorar la calidad de vida de la población. La movilidad sostenible plantea una mayor inversión en el transporte público. Sin embargo, no solo se enfoca en los aspectos técnicos del transporte, sino que también se concentra en el aspecto social y económico que representa la movilidad.

El presente capítulo tiene como objetivo aproximarse al problema de la congestión vehicular en la ciudad de Lima. Antes de poder entender las particularidades que plantea la movilidad sostenible en la capital se tiene que explorar las consecuencias económicas y sociales que genera el tráfico día a día. En este caso se van a observar los medios de transporte masivos que se encuentran presentes en la urbe y las condiciones de viaje que tiene la población.

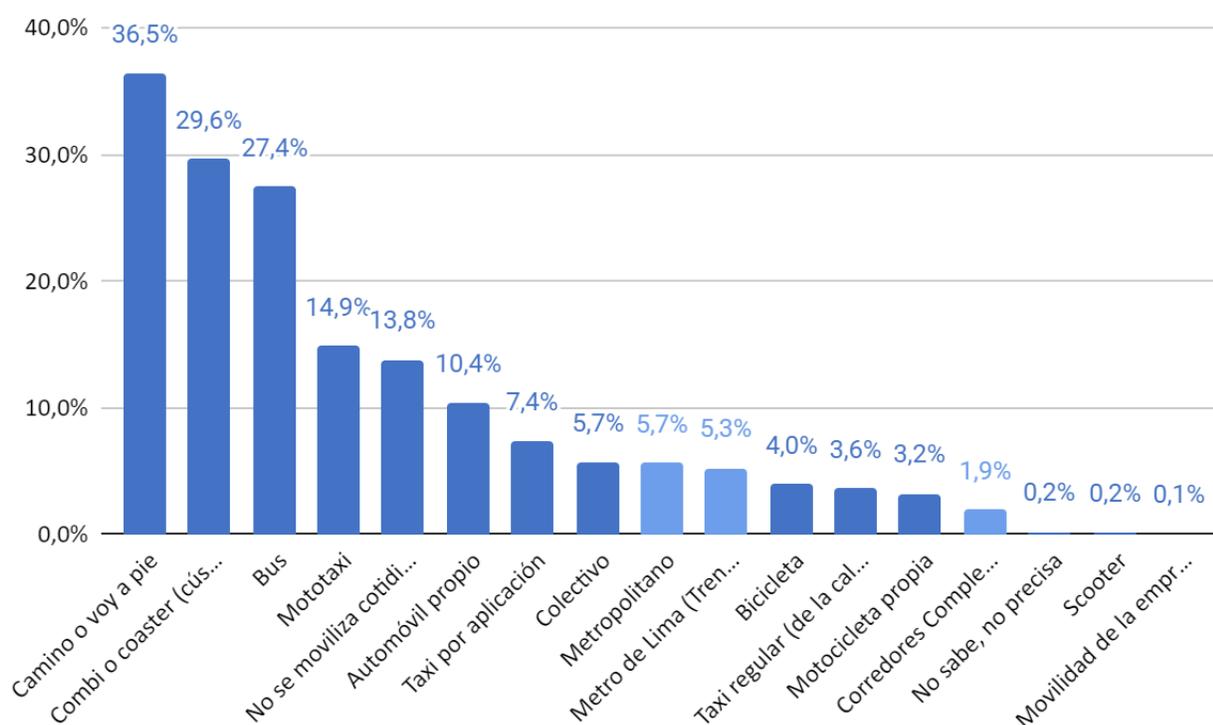


Problemas de movilidad en la ciudad de Lima

En primer lugar, antes de poder desarrollar cómo se manifiesta el problema de la movilidad en la ciudad y sus consecuencias es

importante delimitar las particularidades del transporte en Lima Metropolitana. Como se puede observar en la Figura N°1, el transporte público tradicional (compuesto por buses, custer y combis) es la forma de movilidad predilecta de más del 50% de la población. Esta forma de traslado es vista de manera favorable por la población debido a que son la forma más accesible, económicamente, de movilizarse hacia otras partes de la ciudad (Dextre & Aranda, 2021).

Figura N°1. Medio de transporte más utilizados en Lima durante el 2023 por fines de trabajo y/o estudio



Fuente: Lima y Callao Según Sus Habitantes: Reporte Urbano de Percepción Ciudadana 2023 - Lima Cómo Vamos

Elaboración: Esan Intelligence

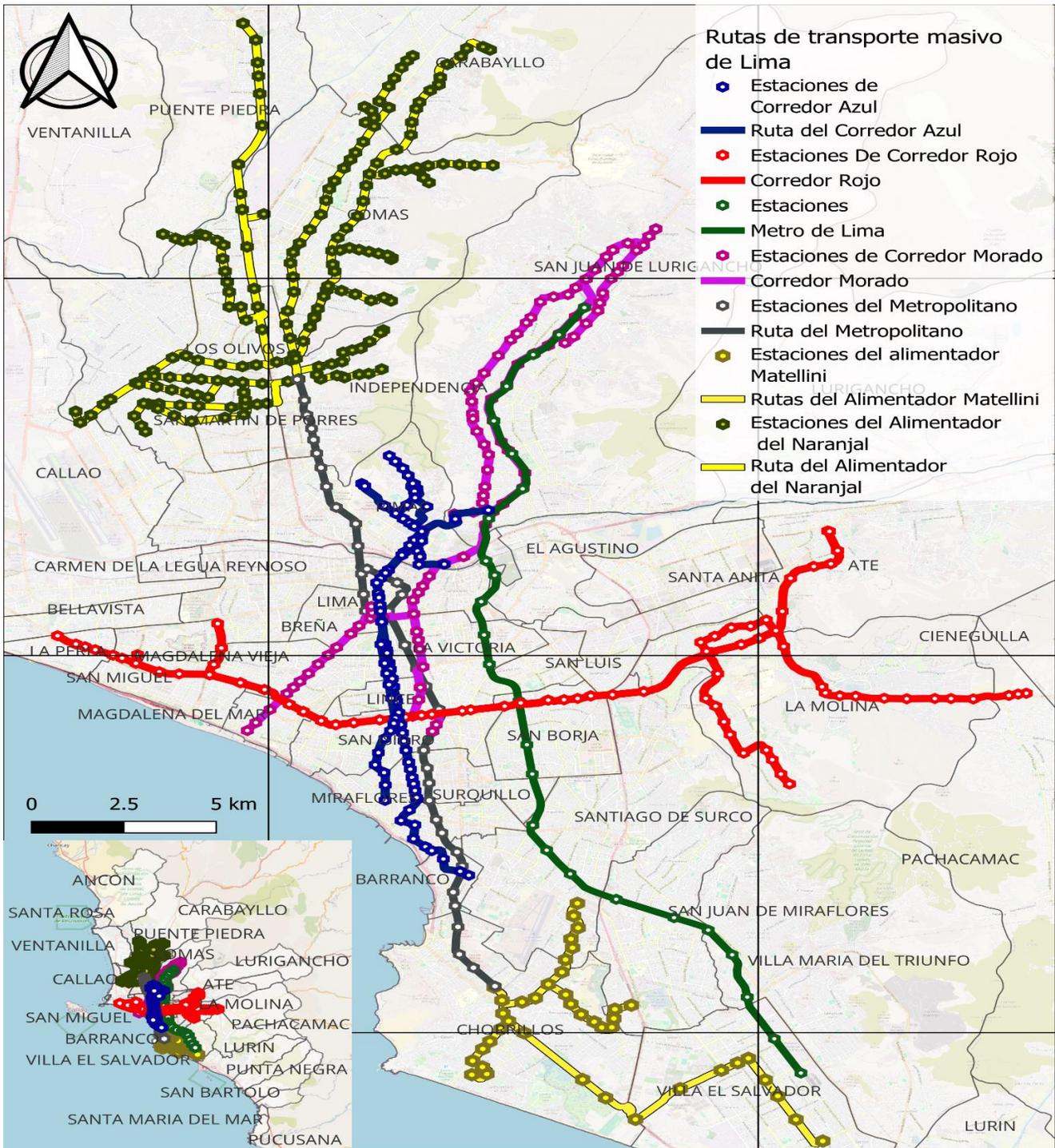
El problema de la movilidad surge, en parte, debido a 02 problemas importantes que están interconectados. Los sistemas de transporte masivos que se encuentran presentes en la capital son pocos y se caracterizan por beneficiar principalmente a una parte de la ciudad. En la actualidad, Lima posee un total de 17 rutas de transporte masivo (15 rutas de Corredores Complementarios; 1 línea de metro y un metropolitano) (Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao, 2023). A parte de ello, la ATU posee los sistemas de alimentadores del Naranjal y Matellini que conectan diferentes zonas de la ciudad con la estación del Metropolitano.

La figura N°2 revela que las rutas de los corredores complementarios, metropolitano y el Metro de Lima se encuentran concentradas en los distritos de "Lima Centro". Si se observa la escala de la ciudad de Lima en comparación a la cobertura de estos medios de transporte masivos, se puede apreciar que la cobertura de estos es muy poca en comparación al tamaño del centro urbano. En este caso, los distritos que se encuentran ubicados en la periferia como Lurigancho, Pucusana y Ancón presentan barreras espaciales significativas que le evita movilizarse con facilidad a otras zonas de la ciudad.

Lo previamente mencionado se puede observar nuevamente en la Figura N°1. Cada uno de los medios de transporte masivos previamente señalados benefician a menos del 6% de la población en sus procesos de movilidad a otras partes de la ciudad. También se observa que la ciudad de Lima aún presenta barreras importantes respecto a su sistema de transporte masivo debido a que persisten distritos que no se benefician directamente de ellos y, por otro lado, la capital carece de formas más eficientes de movilización.



Figura N°2. Líneas de Transporte Masivo en la Ciudad de Lima



Fuente: Nuevos Mapas QR de servicios de transporte público - ATU

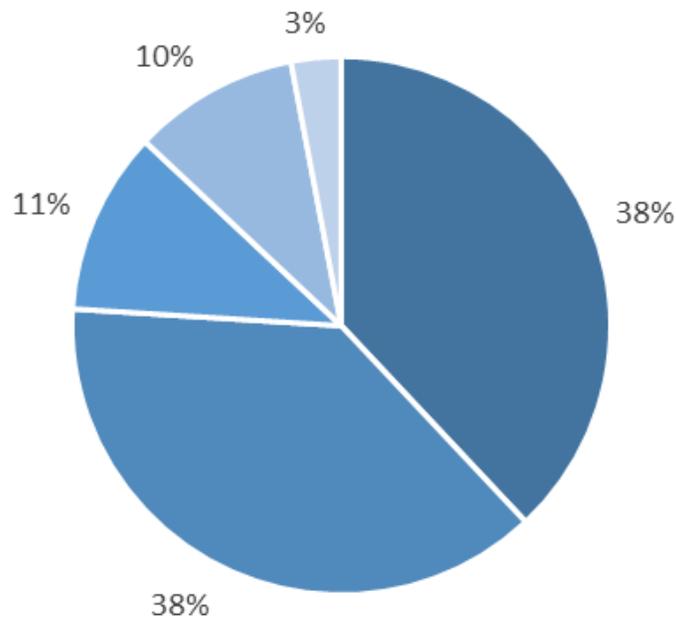
Elaboración: Esan Intelligence

Tomando en consideración lo previamente expuesto, se tiene que mencionar que la ATU también trabaja con “autorizaciones” en aquellas zonas que carecen de medios de transporte masivo. En estos casos, se otorga a empresas de transporte formal el permiso de manejar rutas de transporte público que permiten interconectar la ciudad (Aguilar, 2023). De esta manera, los medios de transporte tradicional son percibidos como más beneficiosos desde una mirada social producto de su cobertura. Sin embargo, en muchas ocasiones, los buses, combis y custers que la población emplea para movilizarse se caracterizan por ser informales e inseguros para los usuarios (Roberts et al, 2019). Como se pudo observar en la Figura N°1, si bien la ciudad posee líneas de metro, metropolitano y corredores complementarios estos no son los medios principales con los que la ciudad se mueve.

La carencia de formas de transporte masivo formal en gran parte de la ciudad de Lima termina impactando de manera negativa en la cantidad de tiempo que las personas tienen que invertir para llegar a otras partes de la ciudad. Como se puede observar en la Figura N°3, la mala distribución de la red de movilidad de la Capital genera que casi el 50% de los limeños pasen entre 1 a 2 horas al día movilizándose. Podemos concluir de lo señalado hasta aquí, en la ciudad de Lima, hay un problema muy fuerte de congestión vehicular. La falta de rutas de transporte público masivo y la presencia de transporte informal ha generado que moverse dentro del centro urbano se convierta en un reto significativo para la gran mayoría de ciudadanos.



Figura N°3. Tiempo invertido por la población en transporte al día



■ Menos de 1 hora ■ Entre 1 a 2 horas ■ Entre 3 a 4 horas ■ Más de 4 horas ■ Otros

Fuente: Estresómetro 2022 - Asociación Movemos

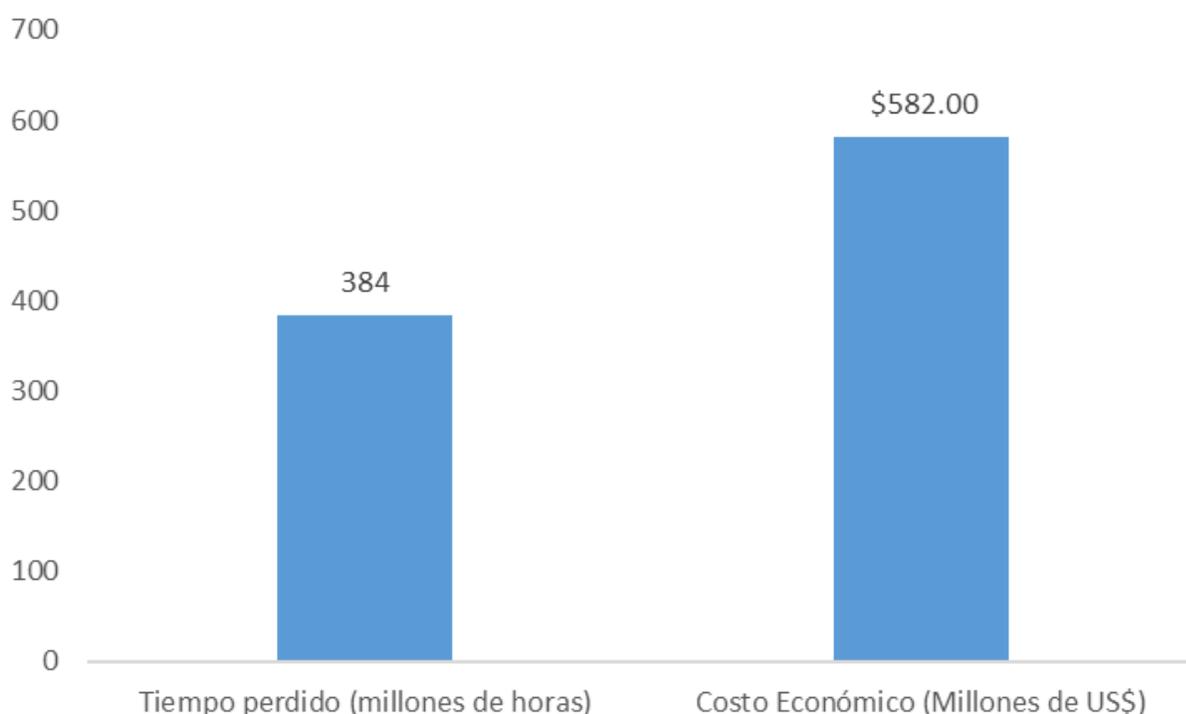
Elaboración: Esan Intelligence

¿Pero el problema de movilidad solo es un tema de tiempo de espera?

Como se señaló en la sección anterior, la ciudad de Lima presenta una limitante significativa en su capacidad de movilizarse de manera eficiente. Sin embargo, para poder entender esta problemática de forma completa es importante señalar el impacto que esta tiene en la calidad de vida de los ciudadanos. El objetivo de esta sección es explorar las múltiples consecuencias en diferentes esferas de la vida que representa la problemática de la movilidad en la ciudad.

Inicialmente, la congestión vehicular es un problema que tiene un impacto negativo económica y temporalmente dentro de la capital. Como se puede observar en la Figura n°4, la ciudad pierde en total US \$582 millones producto del tráfico vehicular. Esto se debe a que la población se ve en la incapacidad de poder emplear las horas que invierte en su movilización en otras formas de actividades productivas.

Figura N°4. Impacto de la congestión vehicular en la ciudad de Lima



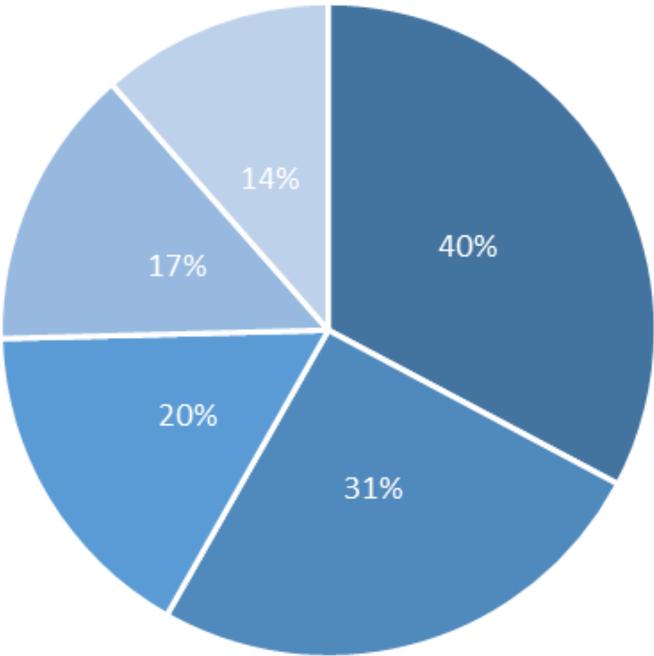
Fuente: Congestión urbana en América Latina y el Caribe: características, costos y mitigación 2019 - BID

Elaboración: Esan Intelligence

En segundo lugar, la congestión vehicular se convierte en un problema que no solo se concentra en el aspecto económico, sino que también tiene consecuencias en la calidad de vida de la población. En

la Figura N°5 se observa que el tráfico vehicular tiene un grado de influencia en otros problemas de la ciudad. A nivel de percepción de la población, el 40% de las personas considera que la congestión vehicular los expone a situaciones de inseguridad ciudadana. Por otro lado, el 31% de la población hace el vínculo entre el problema de la movilidad y la calidad de salud de la población.

Figura N°5. Percepción del impacto de la Congestión vehicular en la población



- Me expongo a robos en la congestión vehicular
- Afecta mi salud física y/o emocional
- Gasto más en taxi o colectivos para llegar a tiempo
- Gasto más en combustible
- Duermo menos horas

Fuente: Estresómetro 2022 - Asociación Movemos

Elaboración: Esan Intelligence

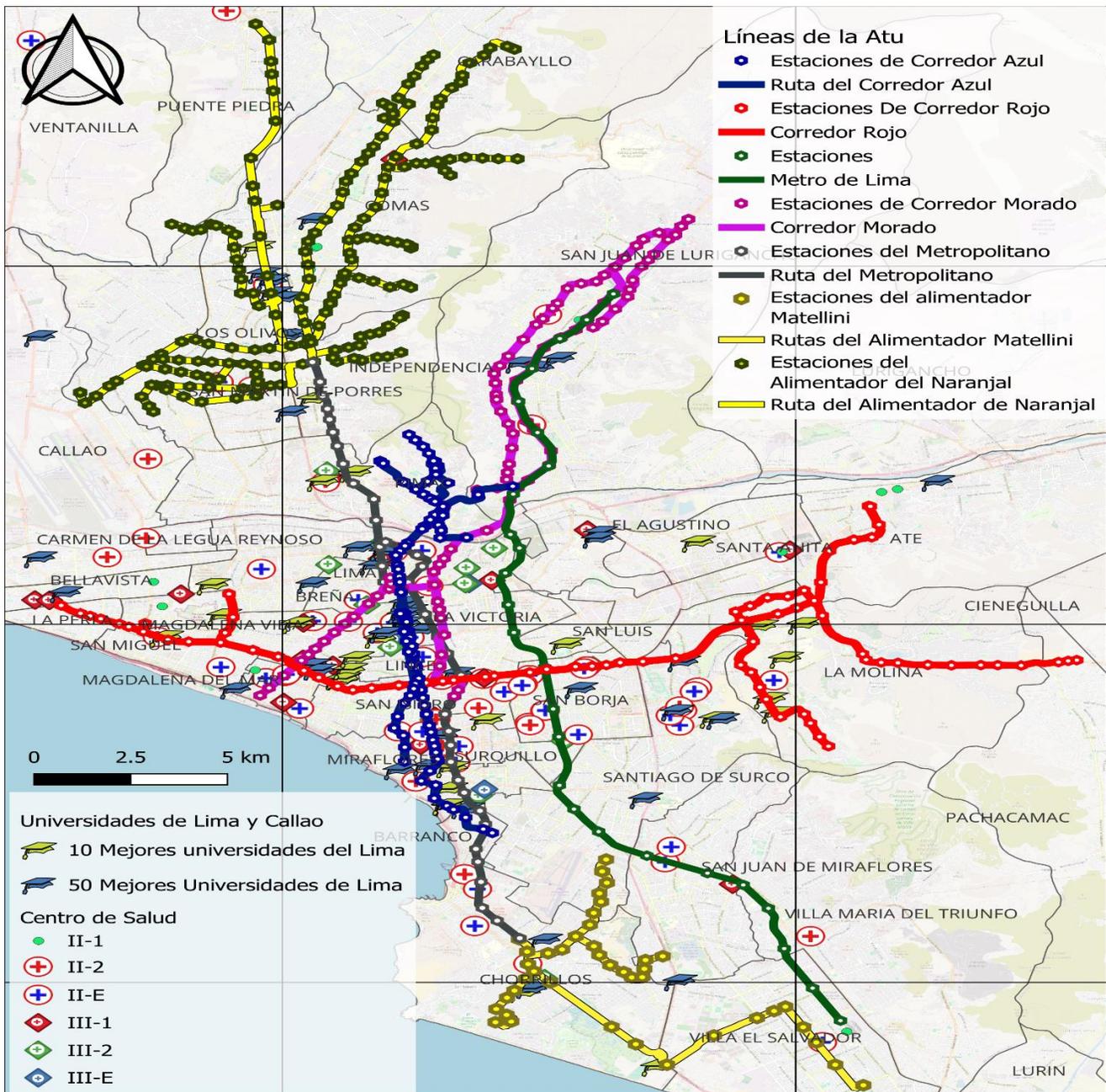
Hasta el momento, se ha podido observar que el tráfico vehicular en la ciudad de Lima tiene un impacto significativo económica y socialmente. Sin embargo, el problema de la movilidad no afecta a todos los sectores de la población por igual, sino que es un tema que afecta principalmente a las zonas de la periferia urbana. En la Figura N°6 se puede observar el mapa de la ciudad de Lima con los centros de salud y las universidades más importantes dentro del centro urbano.

Las zonas más céntricas de la ciudad como San Isidro, Jesús María, Lince o San Borja presentan una concentración significativa de universidades y/o organizaciones de salud nivel II o mayor. Por otro lado, se observa que distritos como Carabayllo, Ventanilla, Pachacamac o Lurigancho carecen de estos centros completamente o se encuentran en poca cantidad. De esta manera, las personas que se ubican en la periferia se ven en la necesidad de asignar una mayor cantidad de tiempo para poder acceder a los servicios básicos.

La necesidad de tener que invertir una mayor cantidad de horas para trasladarse a los espacios previamente señalados se vuelve una barrera significativa para la población que vive en zonas no céntricas. Por un lado, en situaciones de emergencia de salud, los grupos que viven en la periferia presentan un mayor riesgo de muerte simplemente porque se ven en la necesidad de invertir una mayor cantidad de tiempo trasladándose a una organización de salud o por el hecho de que no tienen acceso a una forma más eficiente de movilidad.



Figura N°6. Mapa de Línea de Transporte Masivo, Centros de Salud II y III y Centros universitarios



Fuente: Establecimientos de Salud a nivel nacional - Ministerio de Salud
Elaboración: Esan Intelligence

Por otro lado, en el caso de las universidades, el impacto que tiene la congestión vehicular se concreta principalmente en la cantidad de horas que el estudiante tiene que invertir para llegar a su centro de estudios. En estas circunstancias, el tiempo que se invierte en transporte no puede ser empleado en otro tipo de actividades que podrían beneficiar al alumno académica o socialmente.

A partir de lo previamente desarrollado, se puede observar que el problema de la movilidad es un tema complejo que ejerce una influencia en otras problemáticas presentes dentro del centro urbano o que afecta con mayor fuerza a ciertos sectores de la población en particular. Con la finalidad de solucionar esta problemática la ATU propone hacer una transición hacia la “movilidad sostenible”. Esta propuesta de transporte se caracteriza por hacer un mayor énfasis en el acceso al transporte público donde el usuario es el centro y la razón de ser del sistema. La Movilidad Sostenible tiene consideraciones importantes tales como el aspecto social y la transición energética del país.



CAPÍTULO 2: MOVILIDAD SOSTENIBLE ¿QUÉ ES? Y ¿PARA QUÉ SIRVE?

A partir de lo desarrollado en el capítulo anterior, se ha observado que la ciudad de Lima presenta un problema grave en su capacidad de movilidad. La congestión vehicular tiene un impacto negativo en la economía, calidad de vida, salud y oportunidades de la población capitalina. Producto de esta situación, la Autoridad de Transporte Urbano de Lima y Callao (ATU) plantea que se debe realizar una transición hacia la Movilidad Sostenible.

El presente concepto es una propuesta realizada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que, inicialmente, surgió en respuesta al nivel de emisiones de dióxido de carbono en la atmósfera que tenían los centros urbanos a nivel mundial. Recientemente, el informe de “El Estado del Clima en América Latina y el Caribe 2022” realizado por la World Meteorological Organization (2023) reporta en el año 2022 una concentración de 420 ppm (parts per million) de dióxido de carbono en la atmósfera.

La movilidad sostenible es un paradigma de desarrollo urbano que tiene como objetivo principal encontrar un equilibrio entre el crecimiento y necesidades de la ciudad y las condiciones ambientales globales. A nivel de propuestas concretas, se busca reducir la cantidad de gases de efecto invernadero que son emitidos por los centros urbanos. A la par, el enfoque de sostenibilidad busca promover una transición general de los combustibles fósiles hacia formas más limpias de energía que tenga menos consecuencias en el ambiente (Lam et al, 2012). Adicionalmente, el paradigma de la



movilidad sostenible también busca promover formas de transporte no particulares. Se incentiva a los centros urbanos realizar una mayor inversión en el transporte público y en formas alternativas de movilización (Aguilar, 2023).

Si bien la propuesta de movilidad sostenible, inicialmente, se enfoca en el aspecto ambiental de los centros urbanos, en la práctica también fue adoptando un componente social en tanto comenzaron a concentrarse en las condiciones de vida del peatón. El presente paradigma concibe que el enfoque principal de las ciudades debe estar en las personas más que en el transporte privado. Por esta razón se sostiene que el transporte público y formas alternativas de movilidad deben ser los ejes centrales de las ciudades.

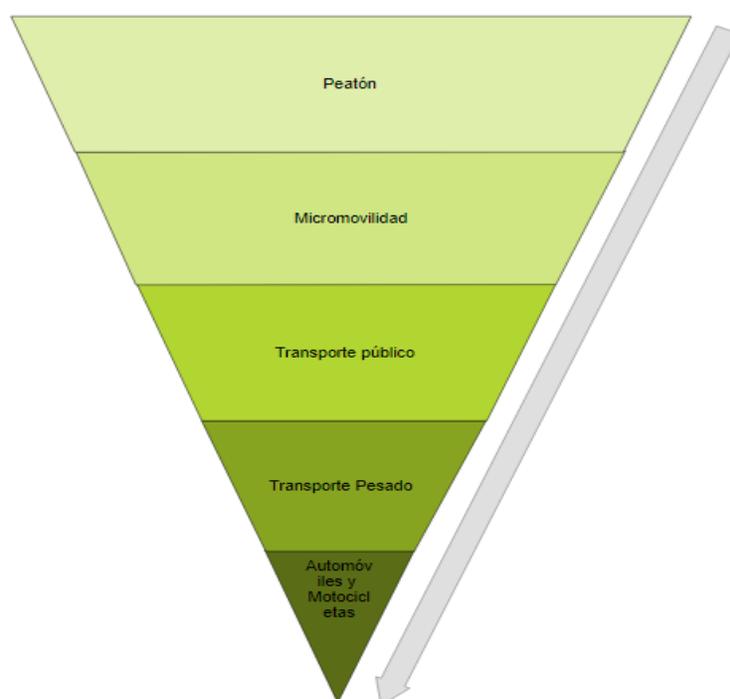
Adicionalmente, se propone concebir el tema de la movilidad como un derecho público para la población y que ejerce un grado de influencia en el desarrollo de otros problemas sociales.

El presente capítulo tiene como objetivo explorar la propuesta de movilidad sostenible bajo dos enfoques. En primer lugar, se va a desarrollar el presente concepto desde una perspectiva ambiental. En este caso se verían los objetivos relacionados a las emisiones de gases de efecto invernaderos y el balance con el ecosistema local. En segundo lugar, se explorará la propuesta social de la movilidad sostenible. Dentro de este espacio se aprecian las particularidades de la población en relación con el transporte público.

Movilidad sostenible ¿Por qué me debería importar?

En primer lugar, la propuesta de movilidad sostenible problematiza que los centros urbanos en el pasado estaban enfocados en el vehículo particular. Debido a esa razón, muchos de los proyectos de crecimiento urbano o viales plantean el aumento de carriles dentro de las avenidas o la reducción de espacio públicos con la finalidad de favorecer el transporte. Como se puede observar la Figura N°1, el enfoque de sostenibilidad plantea que el eje central de los centros urbanos debería estar en los peatones y en las formas alternativas de micromovilidad como las bicicletas o scooters eléctricos (Lam et al, 2012).

Figura N°7. Pirámide de movilidad invertida

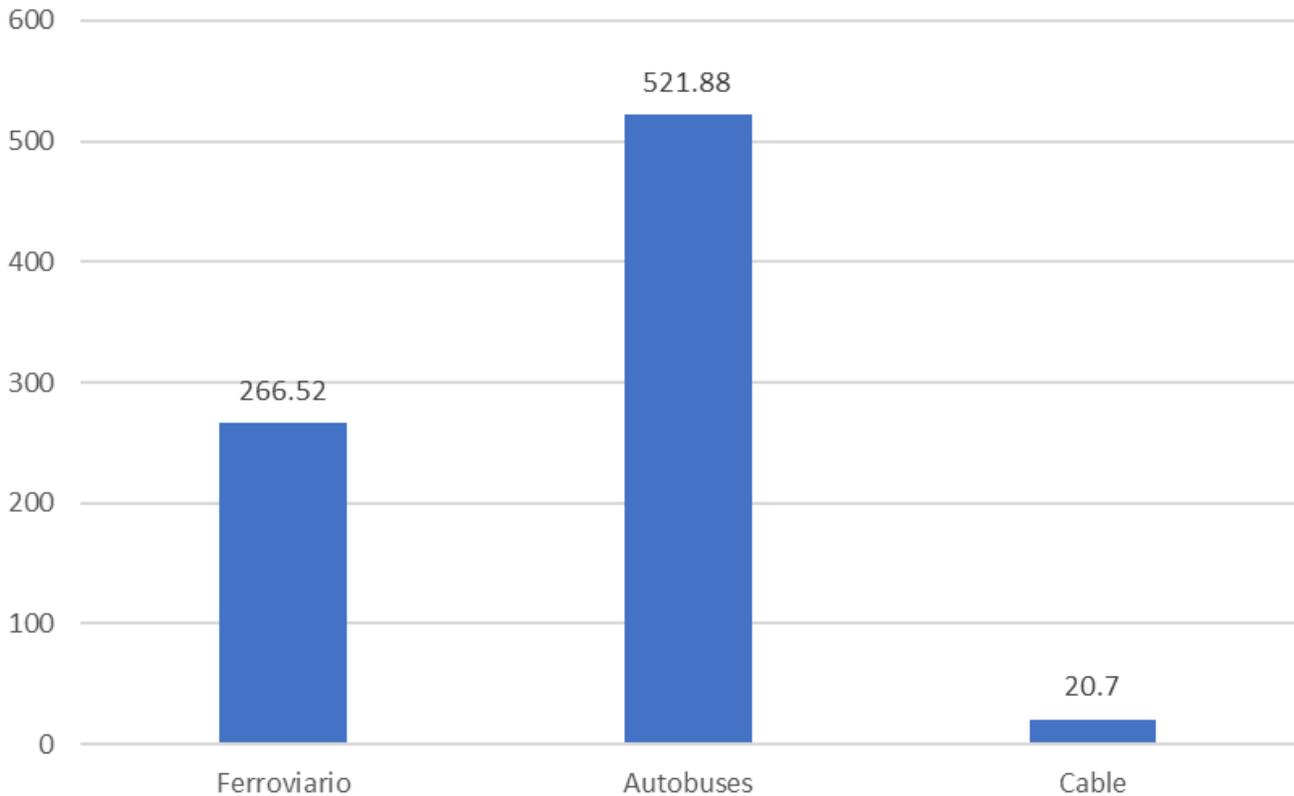


Elaboración: Esan Intelligence

El paradigma de sostenibilidad busca establecer un sistema de transporte masivo que se caracteriza por estar integrado (Aguilar, 2023). La población debe ser capaz de poder acceder a las múltiples rutas de movilidad de manera rápida y eficiente sin tener que lidiar con los problemas de congestión vehicular, tener que invertir una gran cantidad de tiempo en colas de espera o tener que lidiar con múltiples rutas de transporte con medios de pago diferentes siguiendo las propuestas de "Mobility as a Service" (MAAS). En primer lugar, el enfoque de sostenibilidad propone que las diferentes rutas de transporte masivo como trenes, corredores, tranvías, etc. deben tener un medio de pago universal electrónico integrado que incentive la eficiencia al momento en el que los pasajeros aborden los vehículos (Favela, 2023). Por otro lado, el sistema de movilidad integrado se caracteriza por construir rutas de movilidad exclusivas para su transporte público con la finalidad de que sus usuarios puedan moverse de manera eficiente evitando la congestión vehicular (Martínez, 2023).



Figura N°8. Cobertura del Sistema de Transporte Masivo en CDMX (en KM)



Fuente: Marín, A. (2022)

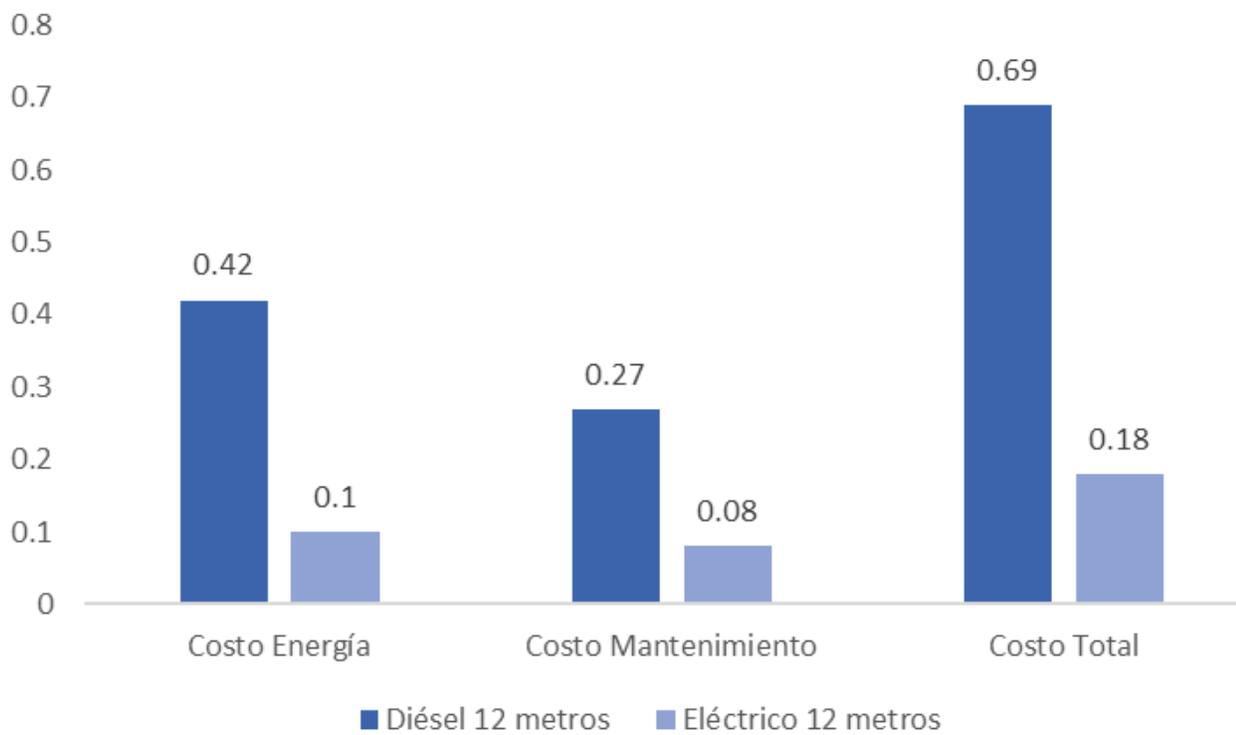
Elaboración: Esan Intelligence

Como se puede observar en la Figura N°2, otras ciudades que están realizando la transición hacia la movilidad sostenible, como Ciudad de México (CDMX), hacen una fuerte inversión en la cobertura de su sistema de transporte masivo con la finalidad de que su población siempre tenga acceso sencillo a la red de movilidad. En el caso de la ciudad mencionada, su inversión en el transporte público tiene como objetivo principal reducir la cantidad de vehículos particulares en circulación (Favela, 2023). Por un lado, esto trae como beneficio la

reducción de los gases de efecto invernadero emitidos por los automóviles. Por otro lado, en tanto ya no es necesario tener tantas vías para el transporte privado, se abre la posibilidad de utilizar el espacio para favorecer otras formas de movilidad (como construir ciclovías o ganar espacios públicos).

Sin embargo, la propuesta de movilidad sostenible, no solo se concentra en una mayor inversión en la red de transporte público. El presente paradigma también sostiene que es necesario que el sistema integrado de transporte haga una transición energética hacia formas de combustible más verdes (Moya, 2023). Los sistemas de buses, trenes y/o tranvía consumen una gran cantidad de energía debido a su tamaño y que están en constante funcionamiento. En el pasado, estas flotas funcionaban principalmente en base al diésel. Que representaba un costo económico significativo para las empresas. Por otro lado, la dependencia a este tipo de combustible contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. Es por esta razón que múltiples proyectos de sostenibilidad realizados en otros países también se enfocan en realizar una transición hacia una flota de vehículos que funcione en base a la electricidad y, en algunos casos, hidrógeno verde.

Figura N°9. Comparación de costos de operación y mantenimiento entre buses diésel y eléctricos en Chile (en USD/Km)



Fuente: Saka et al. (2021).

Elaboración: Esan Intelligence

En la Figura N°9 se aprecia que el costo total para el funcionamiento de un bus de 12 metros en base a electricidad es de 0.18 USD/km. Comparándolo con un vehículo que funciona en base a diésel, se puede observar que hay una reducción de 73.91% en el precio de operación. Fuera de ello, la transición hacia una flota que funciona con energías renovables tiene un impacto positivo en el medio ambiente. Esto se debe a que un bus de gasolina emite 1,12 kg de CO₂ por kilómetro recorrido (Valenzuela et al, 2021). En cambio, en el caso de una flota eléctrica, el nivel de emisión de CO₂ que van a tener los vehículos dependerá de la eficiencia de la infraestructura

energética de cada país. En el caso de México tendría una producción de 0.6 kg de CO₂/ 1 kWh de electricidad mientras que España operaría con 0.3 kg de CO₂/ 1 kWh de electricidad (Hoyos, 2017).

A partir de todo lo previamente desarrollado, se observa que la movilidad sostenible busca realizar un cambio significativo en la infraestructura urbana con la finalidad de establecer un sistema de transporte integrado que sea el eje central de movilidad dentro de la ciudad. Sin embargo, la movilidad sostenible también propone que la congestión vehicular no pueda ser resuelta desde una mirada únicamente técnica, sino que también debe ser concebido como un problema social.

Como se estableció en el capítulo anterior, el problema de la movilidad urbana en la ciudad de Lima tiene un impacto negativo en la calidad de vida de la población debido a que muchas instituciones importantes (como centros de salud de categoría II y III y/o Universidades) se encuentran concentradas en “Lima Centro” por lo que aquellos grupos sociales provenientes de otros distritos se ven en la necesidad de invertir una mayor cantidad de tiempo trasladándose para acceder a servicios básicos. Fuera de lo previamente señalado, el nivel de congestión vehicular en la capital también se encuentra relacionado a otras problemáticas como la inseguridad o la contaminación (Asociación Movemos, 2022; Bhattacharya et al, 2019).

Bajo el paradigma de la sostenibilidad, se concibe que el problema del transporte es un tema transversal que incrementa la desigualdad social presente dentro de un centro urbano (Favela, 2023). Por esta razón, la solución que debe ser planteada por el gobierno debe



caracterizarse por ser transversal tomando en consideración los retos de movilidad presentes en cada grupo urbano como las mujeres, personas con movilidad limitada, adultos mayores, población ubicada en la periferia, etc. El transporte público debe estar enfocado principalmente en las personas más que en su función de transporte. Por esta razón el enfoque de sostenibilidad plantea que el sistema de transporte integrado también debe tomar en consideración las condiciones de viaje que presentan los usuarios diariamente (Asociación Movemos, 2022).

Movilidad sostenible: Pasos iniciales para la ciudad de Lima:

Como se observó en los párrafos anteriores, la movilidad sostenible busca encontrar un balance entre el aspecto económico, social y ambiental dentro del transporte urbano. Dentro de Latino América, ciudades como CDMX ya están estableciendo nuevas políticas urbanas y están realizando una mayor inversión para cambiar al presente paradigma (Favela, 2023). La ciudad de Lima por su lado ha comenzado a trabajar en proyectos urbanos que se enfocan en dos temas importantes: La habilitación de nuevas rutas de transporte masivo y un proyecto de transición energética.

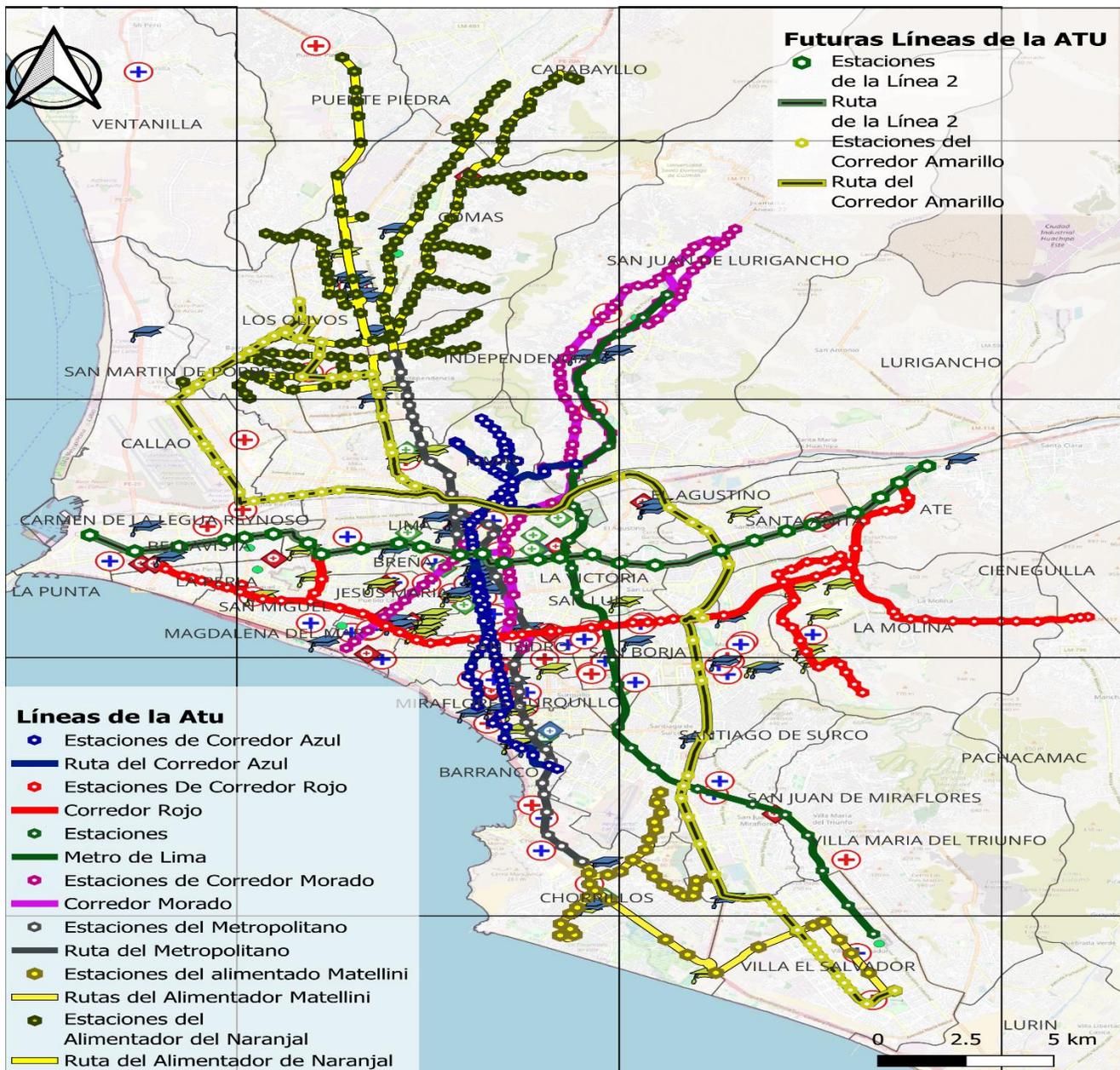
Respecto al proyecto de transporte, la ATU, ha comenzado a habilitar nuevas rutas de transporte masivo con el objetivo de interconectar diferentes partes de la ciudad. Por un lado, José Aguilar (2023), en representación de la ATU, declara que se va a rehabilitar las rutas 101 y 107 del Corredor Amarillo como prioridad. Por otro lado, en esas mismas fechas la ATU también ha confirmado la apertura parcial



de la línea 2 del metro de Lima. Como se puede observar en la Figura N°10, con estos dos medios adicionales de movilidad, distritos como Independencia, Los Olivos o San Martín de Porres presentaran menos barreras para acceder a otras partes de la ciudad sin tener que depender de los alimentadores que solo transportan a la población al Metropolitano o a zonas locales.



Figura N°10. Mapa de Línea de Transporte Masivo activas y en ejecución, Centros de Salud II y III y Centros universitarios



Fuente: Establecimientos de Salud a nivel nacional - Ministerio de Salud (2023)

Elaboración: Esan Intelligence

Con una mayor inversión en transporte público, la propuesta de movilidad sostenible tiene el objetivo de reducir la cantidad de vehículos individuales en circulación en la ciudad de Lima. El énfasis en la movilidad colectiva permite el surgimiento de formas alternativas para transportarse (como las bicicletas o los scooters). El impacto de la transición no sólo se concretaría en una reducción de la congestión vehicular, sino que también se registraría en una mejora en el mismo ambiente de la ciudad (Poma Salazar, 2020).

La Autoridad del Transporte Urbano para Lima y Callao ha propuesto proyectos adicionales para construir una red de líneas de metro que interconectan múltiples distritos de Lima. Actualmente, el gobierno peruano ha anunciado el inicio de la ejecución de la Línea 3 del Metro de Lima, la cual se caracterizaría por conectar los distritos como Comas, Los Olivos o San Juan de Miraflores con los distritos más céntricos (Pierre Rojas, 2023). Además, como se puede observar en la Figura N°11, hay 3 líneas de transporte masivos adicionales que, actualmente, se encuentran en proceso de planeamiento que tendrían el objetivo de beneficiar principalmente a Lima Este, Sur y el Callao.

Figura N°11. Mapa de Líneas de Metro



Fuente: Metro de Lima (2023).

Finalmente, la propuesta de movilidad sostenible también se concentra en una transición energética del transporte público y formas de movilidad más verdes (como las bicicletas). Los proyectos de planeación de nueva infraestructura deben promover un balance entre las necesidades de movilidad y los ecosistemas locales (Bhattacharya et al, 2019). Es por esta razón que, desde la ATU, se está promoviendo una transición hacia medios de transporte masivos eléctricos (2023). Para este caso, se observa con mucho interés los casos de países como Chile (2020) o México (2020) debido a que

presentan proyectos de transporte que están promoviendo una transición hacia medios de movilidad eléctricos. No obstante, el país también posee el potencial de realizar una transición energética hacia el gas natural. En el siguiente capítulo de este trabajo se va a explorar ambas alternativas de combustible, costos, ventajas y desventajas



CAPÍTULO 3: TRANSICIÓN ENERGÉTICA ¿GAS NATURAL O ELECTRICIDAD?

La transición energética del transporte público en el país es un proceso que trae múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos. Sin embargo, presenta barreras significativas que necesitaran de un trabajo colaborativo entre el Estado, las empresas de transporte y las organizaciones encargadas de producir la nueva flota de vehículos. A diferencia de otros países, el caso peruano se caracteriza por tener la posibilidad de realizar su transición energética con el uso de dos fuentes diferentes que traen beneficios y retos diferentes.

Por un lado, se encuentra la posibilidad de establecer un sistema de transporte público en base a energía eléctrica que presentaría la mayor cantidad de beneficios a nivel de eficiencia y también mejoraría la calidad de vida de la población a nivel ambiental y social. No obstante, la infraestructura necesaria, los vehículos y la capacitación del personal representan una barrera económica importante desde un punto de vista privado para que sea rentable.

Por otro lado, se encuentra la opción de recurrir a un sistema de transporte público en base a Gas Natural. En el caso peruano, debido a las reservas que posee dentro de su territorio y su regulación, existe la posibilidad de obtener este combustible a un precio menor en comparación al mercado internacional. Esto permitiría generar planes de negocio y financiamiento que permitirían una recuperación de la inversión. Sin embargo, esta modalidad de transporte público presentaría limitaciones a nivel ambiental y social en tanto tienen



mayores emisiones de CO2 y ruido que la primera opción. El presente capítulo tendrá como objetivo explorar a profundidad las ventajas y desventajas que presentan ambas modalidades de transporte público a nivel económico, social y ambiental.

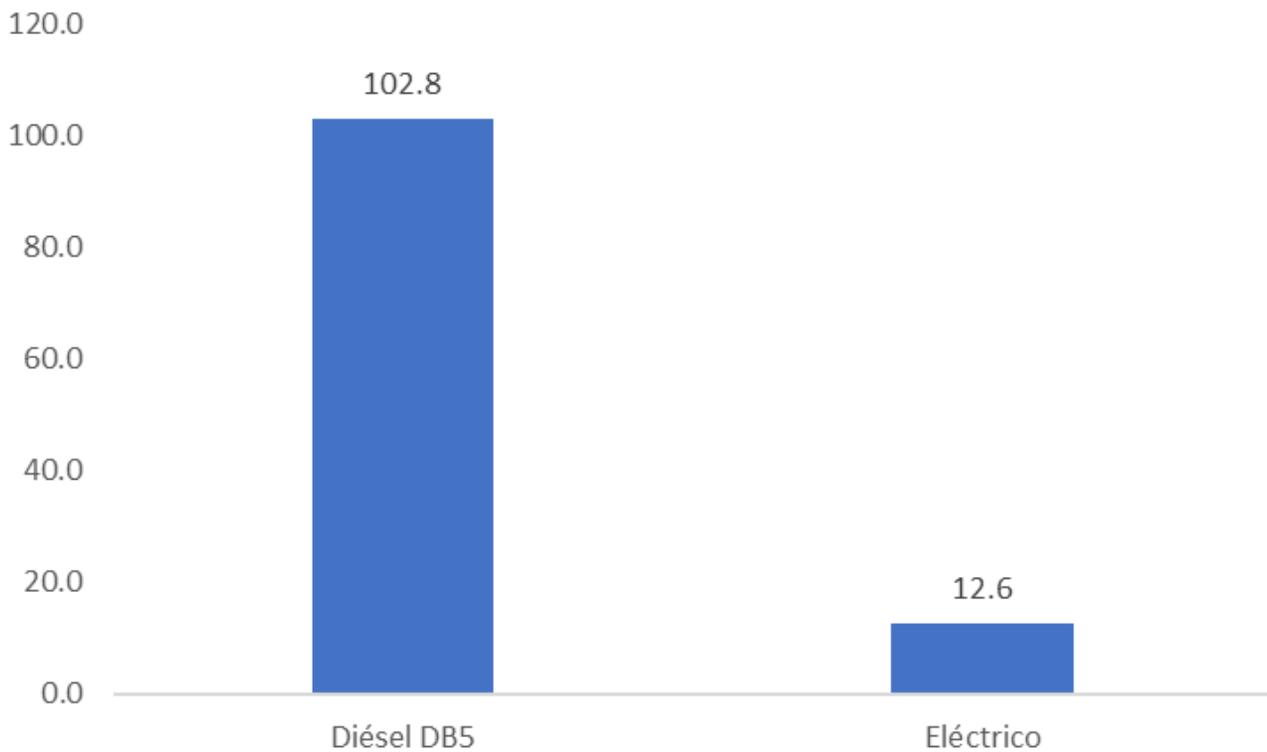
Transporte público eléctrico:

Como se ha señalado en el capítulo anterior el paradigma de la movilidad sostenible propone realizar una transición energética del sistema integrado de transporte hacia formas de combustibles verdes. En casos como los de Santiago de Chile, Bogotá o CDMX esto ha sido realizado a través del cambio de sus respectivas flotas a buses o trenes eléctricos. Superficialmente, esto se podría ver como un simple cambio de vehículo. Sin embargo, la implementación de la movilidad eléctrica trae consigo nuevos retos y barreras que tanto el Estado, el gobierno local y las empresas encargadas en la ruta tienen que resolver de manera cooperativa (Moya, 2023). En esta sección del documento tiene dos objetivos importantes. Por un lado, se van a observar los beneficios provenientes del transporte eléctrico dentro de la ciudad. Por otro lado, se va a explorar los retos y particularidades que demandarían implementar este tipo de tecnología dentro del contexto peruano.

Como se señaló anteriormente, parte del problema de la contaminación ambiental dentro de la ciudad de Lima proviene de la cantidad de vehículos que se encuentran en circulación. El transporte público que se encuentra presente en la capital se caracteriza por funcionar primariamente en base a diésel, combustible que presenta una emisión significativa de GEI. Trasladando el problema a nivel

nacional. El 40% de gases de efecto invernadero emitidos en el Perú se encuentran relacionados al sector de transporte (Heising, 2020).

Figura N°12. Emisiones Acumuladas de CO2 por flota de 100 buses (En miles de toneladas)



Fuente: Sistemas de transporte público de autobuses eléctricos en la región de América Latina y el Caribe - ONU 2023

Elaboración: Esan Intelligence

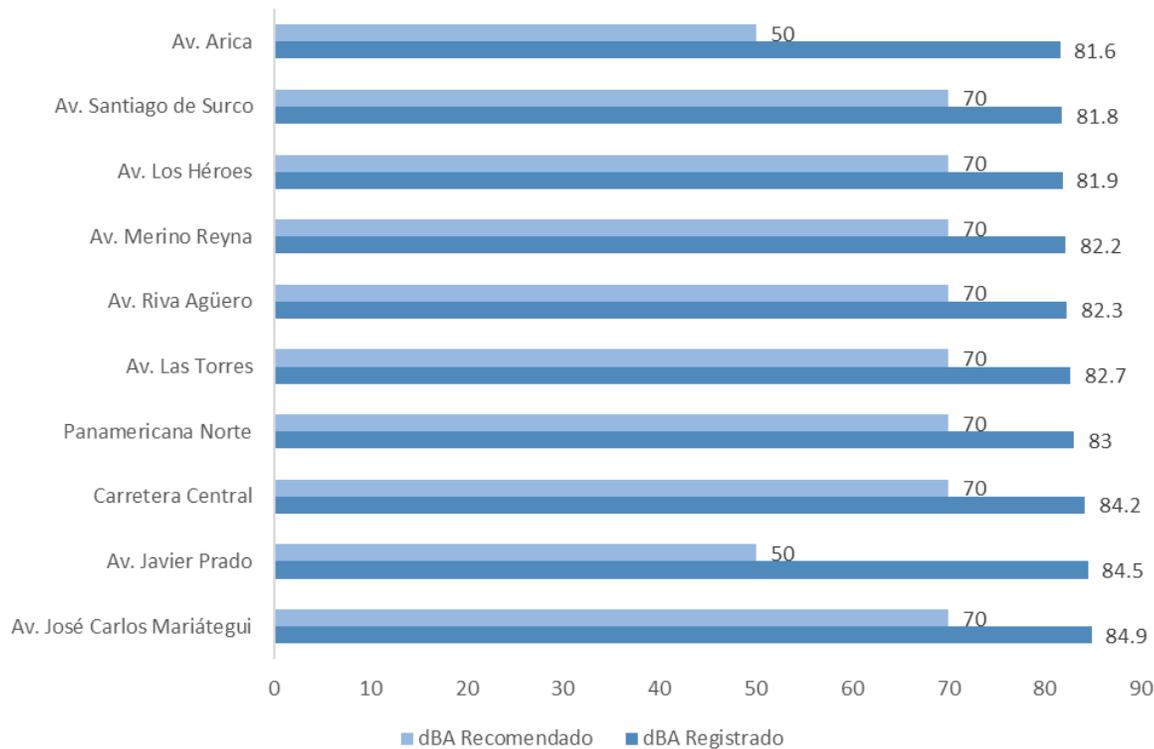
Como se puede observar en la Figura N°12, una de las ventajas principales de la energía eléctrica en el sector de transporte es la reducción significativa de GEI emitidos por los vehículos. El presente gráfico plantea que en un periodo acumulado de 14 años una flota de vehículos en base a electricidad solo emitirá un 12.6 miles de toneladas de CO2. Esto sería una reducción significativa en un

87.74% si es que se compara a la emisión de gases de efecto invernadero de un vehículo en base a Diésel.

Otro beneficio importante que traen los vehículos eléctricos proviene de la reducción de la contaminación sonora dentro de la ciudad. La ciudad de Lima se caracteriza por poseer un nivel de contaminación sonora elevada en tanto supera en muchas circunstancias el límite de DBA planteado por el Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (OEFA, 2016). La Municipalidad de Lima Metropolitana, plantea que uno de los causantes más importantes de contaminación sonora dentro de la ciudad proviene de la cantidad de vehículos que se encuentran en circulación. La Figura N°13 revela que, en los casos más críticos, la ciudad de Lima posee una contaminación sonora mayor de 80 decibeles. Dicha cifra supera el límite permitido de 70 DBA en zonas comerciales y de 50 DBA en zonas de protección especial.



Figura N°13. Avenidas con Mayor nivel de DBA registrados



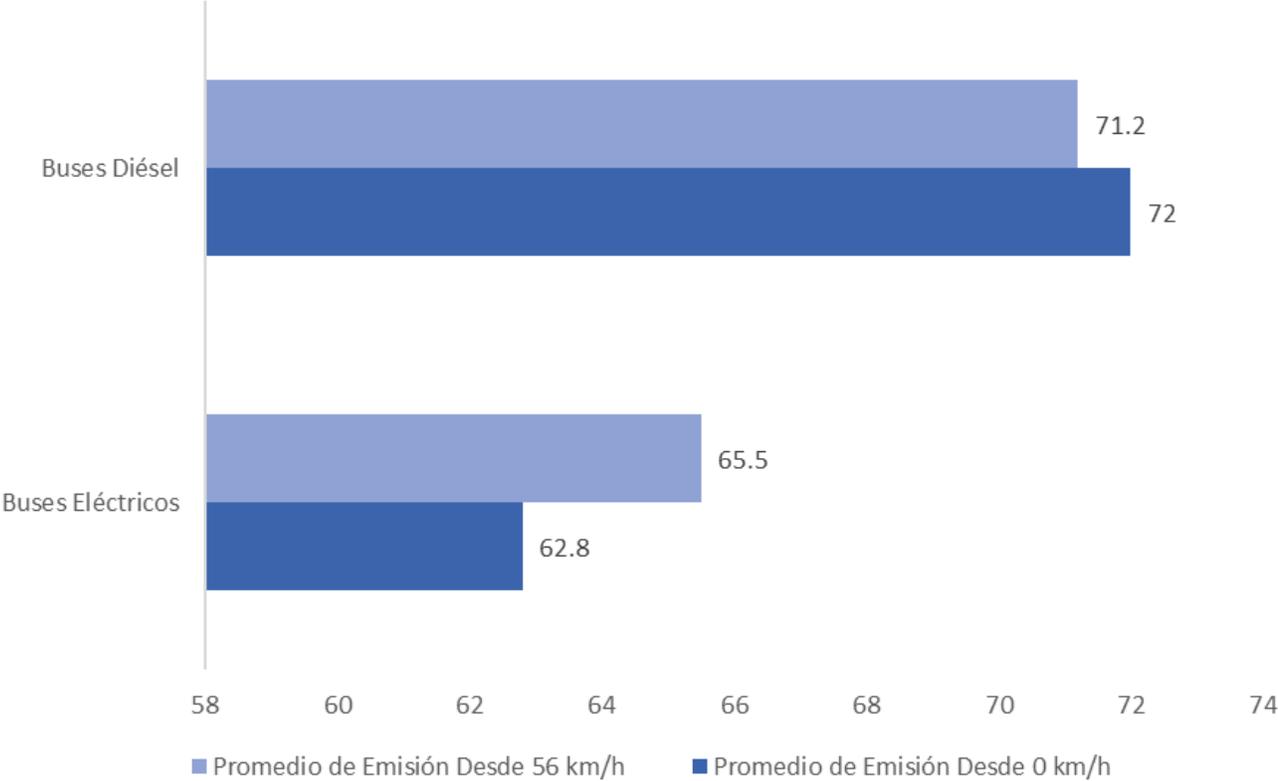
Fuente: La Contaminación Sonora en Lima y Callao 2016 - Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

Elaboración: Esan Intelligence

Si bien, una de las medidas necesarias para taclear esta problemática sería la reducción del transporte privado dentro de los centros urbanos, otra medida importante es reducir la cantidad de ruido que los vehículos que se mantengan emitan. En este caso, la transición hacia el transporte eléctrico presenta mayores beneficios en comparación a buses que funcionan en base a Diésel o al Gas Natural (GN). Como se puede observar en la Figura N°14, el transporte público eléctrico posee una emisión de DBA aproximadamente 10

puntos menor en comparación a sistemas con formas diferentes de combustibles.

Figura N°14. Niveles de emisión de DBA de buses



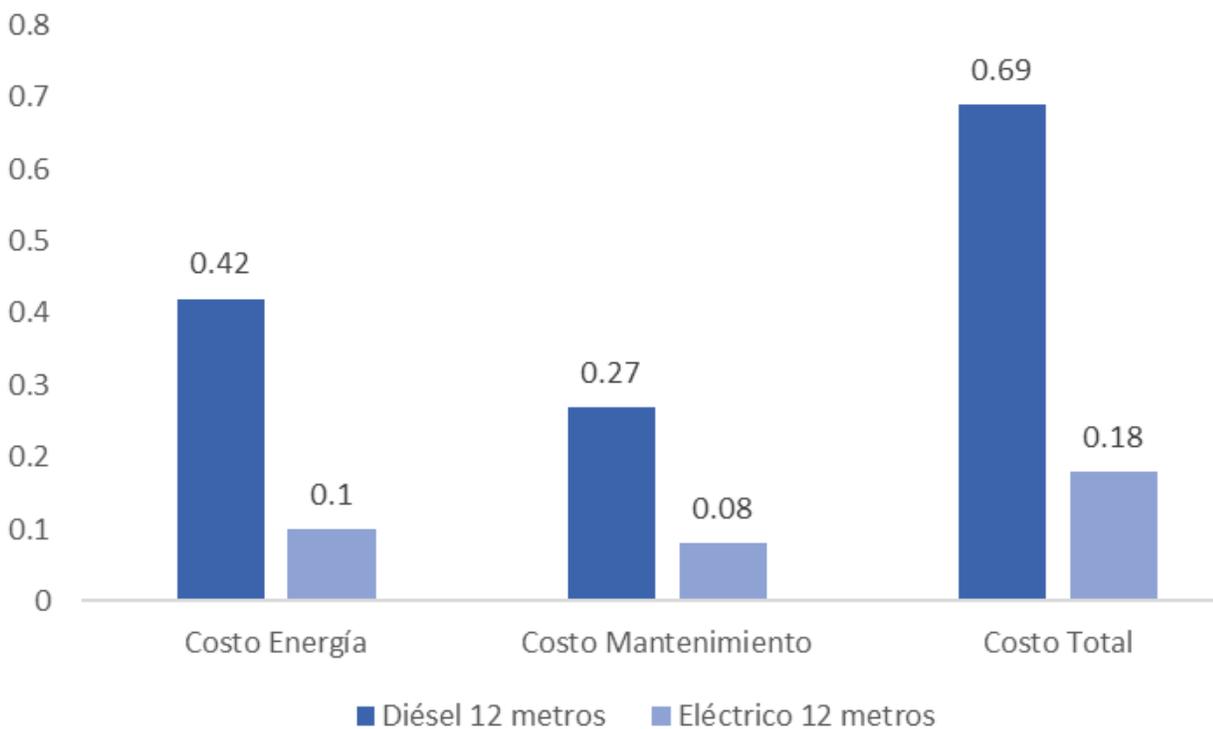
Fuente: Borén et al (2016)

Elaboración: Esan Intelligence

Finalmente, uno de los principales beneficios del transporte público eléctrico es la eficiencia energética que poseen en comparación a sus contrapartes. El precio exacto que se estaría ahorrando en estos casos varía dependiendo de la eficiencia de la matriz energética de cada país (Moya, 2023). Sin embargo, tomando como referente otros casos latinoamericanos, se evidencia una reducción significativa tanto en el proceso de mantenimiento como en el costo de energía. La

Figura N°15 revela que, en Chile, el costo total del transporte público eléctrico representa un ahorro del 73.91% si se le compara con el precio de funcionamiento de vehículos en base a diésel.

Figura N°15. Comparación de costos de operación y mantenimiento entre buses diésel y eléctricos en Chile (en USD/Km)



Fuente: Saka et al. (2021).

Elaboración: Esan Intelligence

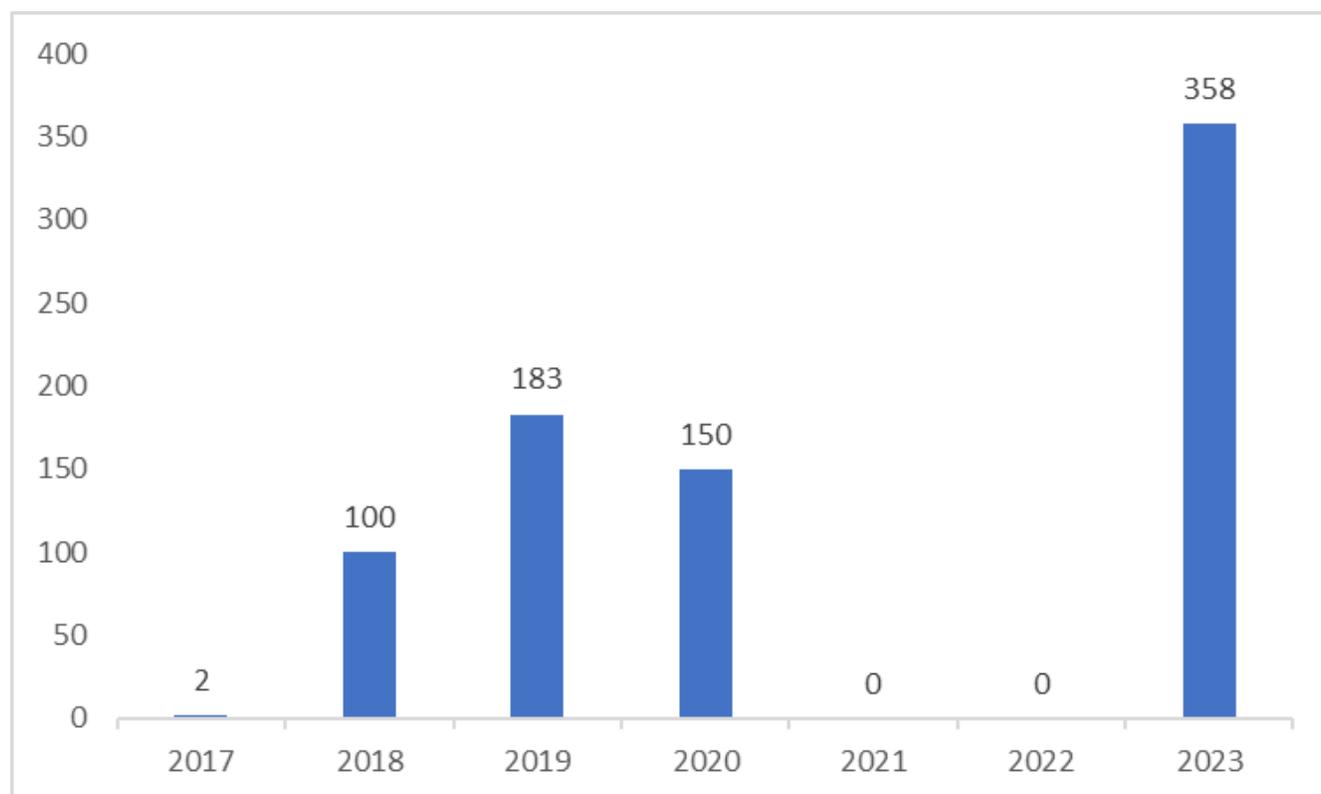
Como se ha observado en los párrafos anteriores, la energía eléctrica dentro del transporte masivo trae múltiples beneficios a nivel económico, ambiental y social debido a la reducción de su dependencia de combustibles de Diésel. Sin embargo, es importante establecer que la transición hacia esta propuesta energética presenta

múltiples retos los cuales tienen que ser trabajados y superados en un trabajo en colaboración entre el Estado, la ciudad y las empresas.

Desafortunadamente, la implementación de una flota eléctrica no solo consiste en hacer una compra de buses con esta tecnología sino que se necesita crear un nuevo sistema de organización que compone nueva infraestructura, personal especializado en el manejo y mantenimiento de buses eléctricos, redes logísticas que permitan la correcta implementación y eliminación de los componentes del vehículo, un sistema de disposición de baterías y, finalmente, el establecimiento de protocolos de manejo que establezcan el uso óptimo de estas nuevas tecnologías.

La transición energética hacia el transporte eléctrico se caracteriza por ser un proceso de larga duración (Moya, 2023). Por ejemplo, en el caso de Chile, el cambio de flota fue un proceso que se ha dado a lo largo de 5 años. Como se puede observar en la Figura N°16, la llegada del transporte eléctrico empezó lentamente y tuvo un periodo de prueba en donde se observaba sus fortalezas y debilidades y después fue implementándose con fuerza en los años que viene.

Figura N°16. Cantidad de buses eléctricos introducidos por Metbus, Chile



Fuente: Moya. (2023)

Elaboración: Esan Intelligence

Otro motivo por el que la transición a una flota eléctrica es un proceso de larga duración se debe a que los buses eléctricos demandan una mayor inversión económica inicial en comparación a los vehículos en base a diésel. Actualmente, el precio de un bus eléctrico de 12 metros va a variar dependiendo de las particularidades de cada región en Latinoamérica. De manera aproximada, el costo de la adquisición inicial se encuentra entre 320 mil - 420 mil dólares (ONU, 2022). Por otro lado, el costo de

adquisición inicial de un vehículo de mismas características en diésel es de 192 mil dólares, una cifra significativamente menor (CAF, 2019)

El costo de inversión para una transición hacia la flota eléctrica también debe tomar en consideración el costo de mantenimiento de cada vehículo. Como se puede observar en la Tabla N°1, el tren motriz de un vehículo de combustión interna posee una mayor cantidad de componentes a los que se les debe dar mantenimiento en comparación a un vehículo eléctrico. Sin embargo, estos últimos tienen un costo mucho mayor al momento de reemplazar partes del vehículo que se encuentran desgastadas (ONU, 2022; Hanlin et al., 2018). Esto se debe a que piezas, como las llantas, para estos casos son más caras o se desgastan más rápido.

Tabla N°1. Comparación de componentes del tren motriz de un Vehículo Eléctrico y un Vehículo de Combustión Interna

Sistema motriz en un vehículo de Combustión interna	Sistema motriz en un vehículo eléctrico
Motor (conformado por múltiples componentes)	Motor (única parte móvil en algunos modelos de vehículos)
Radiador	
Alternador	
Bomba de combustible	Diferencial
Bomba de agua	
Bomba de aceite	
Transmisión	Transmisión

Diferencial	
Etc.	

Fuente: Sistemas de transporte público de autobuses eléctricos en la región de América Latina y el Caribe - ONU 2023

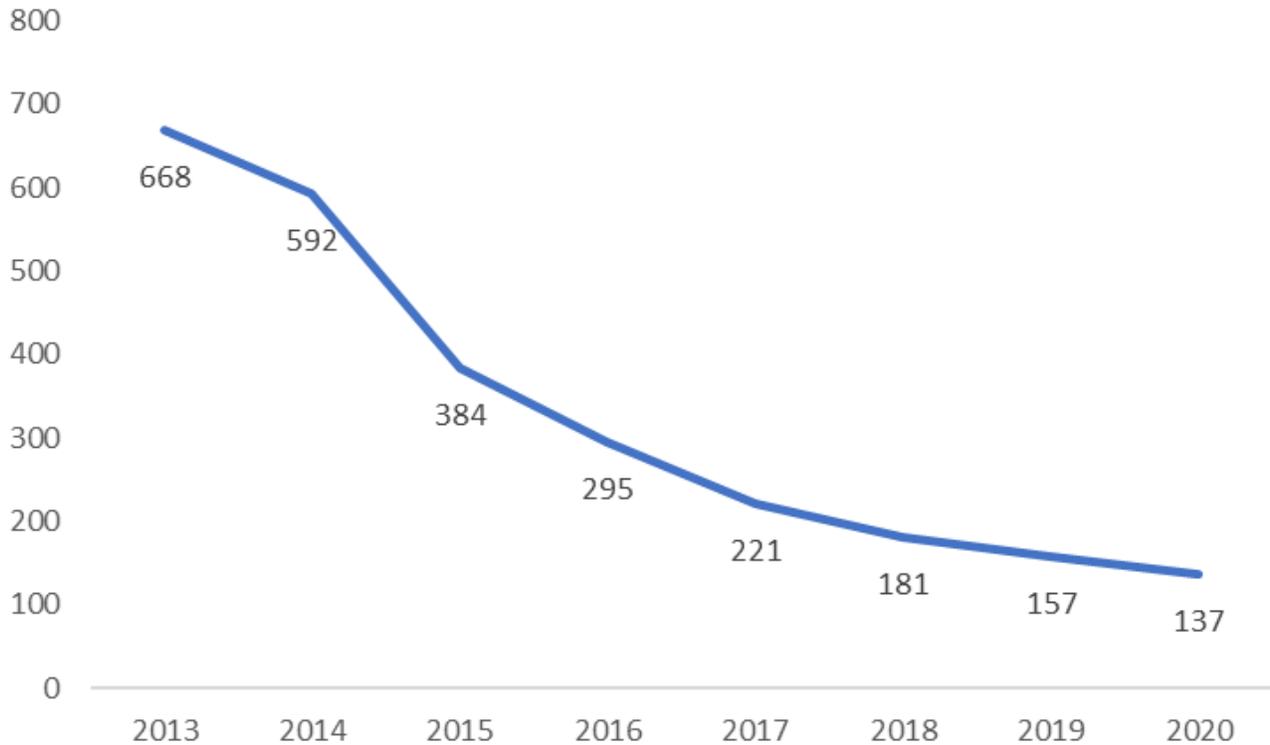
Elaboración: Esan Intelligence

En este caso, se tiene que hacer una mención especial a las baterías de este tipo de vehículos. Los buses eléctricos se establecen que tienen un tiempo de vida útil de 15 años antes de que empiecen a encontrarse con fallos en el motor (CAF, 2019). Sin embargo, surge un problema en el caso de las baterías eléctricas de dichos medios de transporte. Estas poseen un tiempo de vida de solo 8 años por lo que todo miembro de la flota se va a ver en la necesidad de reemplazar dicho componente por lo menos una vez en su vida. Esto trae 2 consecuencias importantes al momento de observar las potencialidades y los retos del transporte público eléctrico.

En primer lugar, realizar el presente cambio de componentes implicaría un costo adicional al tener que comprar una nueva batería eléctrica. Como se puede observar en la Figura N°17, el costo de las presentes mercancías se ha reducido en comparación a hace 10 años, para el 2023, una batería eléctrica tiene un precio de 152.5 dólares por kWh (Goldman Sachs, 2023). Si se toma en consideración que, actualmente, las baterías eléctricas presentan una capacidad de almacenamiento que varía entre 74 kW - 280 kW (ONU, 2023), se podría observar una inversión total entre 11,285 dólares y 42,700 dólares únicamente por este componente del vehículo que tendría que

ser reemplazado (dependiendo del protocolo establecido por la empresa) entre los 8 - 10 años de vida útil del bus.

Figura N°17. Precio Promedio de paquetes y celdas de baterías (en dólares/kWh)



Fuente: Sistemas de transporte público de autobuses eléctricos en la región de América Latina y el Caribe - ONU 2022

Elaboración: Esan Intelligence

Por otro lado, y más importante, la necesidad de tener que reemplazar dichas partes de los buses eléctricos demanda un sistema logístico que sea capaz de encargarse de la disposición correcta de las baterías o encontrarles una funcionalidad adicional en el mercado de segunda mano. En la gran mayoría de circunstancias, la empresa que se le ha concesionado la línea de transporte público es la que se tiene

que encargarse de manejar, diseñar y monitorear el proceso de desecho o de “segunda vida” de las baterías. Otro factor importante que considerar para realizar la transición energética del transporte es la infraestructura necesaria para poder operar vehículos eléctricos (Moya, 2023).

Una flota de este tipo necesita estaciones de carga especializadas y también van a requerir un protocolo de uso dependiendo si el estilo de recarga va a ser carga lenta o rápida. En primer lugar, en la actualidad, existen cuatro tipos de estaciones de cargas para vehículos eléctricos de este tipo: Cargadores de Manguera, Pantógrafos, Catenarias o líneas de tendido y, finalmente, carga por inducción. Cada equipo posee formas diferentes de alimentación que varían tanto en los kilowatts en los que trabaja y el rango de precio que se poseen (Tabla N°2).

Tabla N°2. Tipo de métodos de recarga dentro del transporte público eléctrico

Tipo	Potencia de kw	Costo económico (En miles de dólares)
Cargadores de Manguera	80 kw - 200 kw	5 - 25
Pantógrafos	150 kw - 600 kw	120 - 180
Catenarias	Varía dependiendo el contexto	250 - 1200 (depende del contexto urbano)
Carga por inducción (Carga inalámbrica)	50 kw - 250 kw	300 o más

Fuente: Sistemas de transporte público de autobuses eléctricos en la región de América Latina y el Caribe - ONU 2022

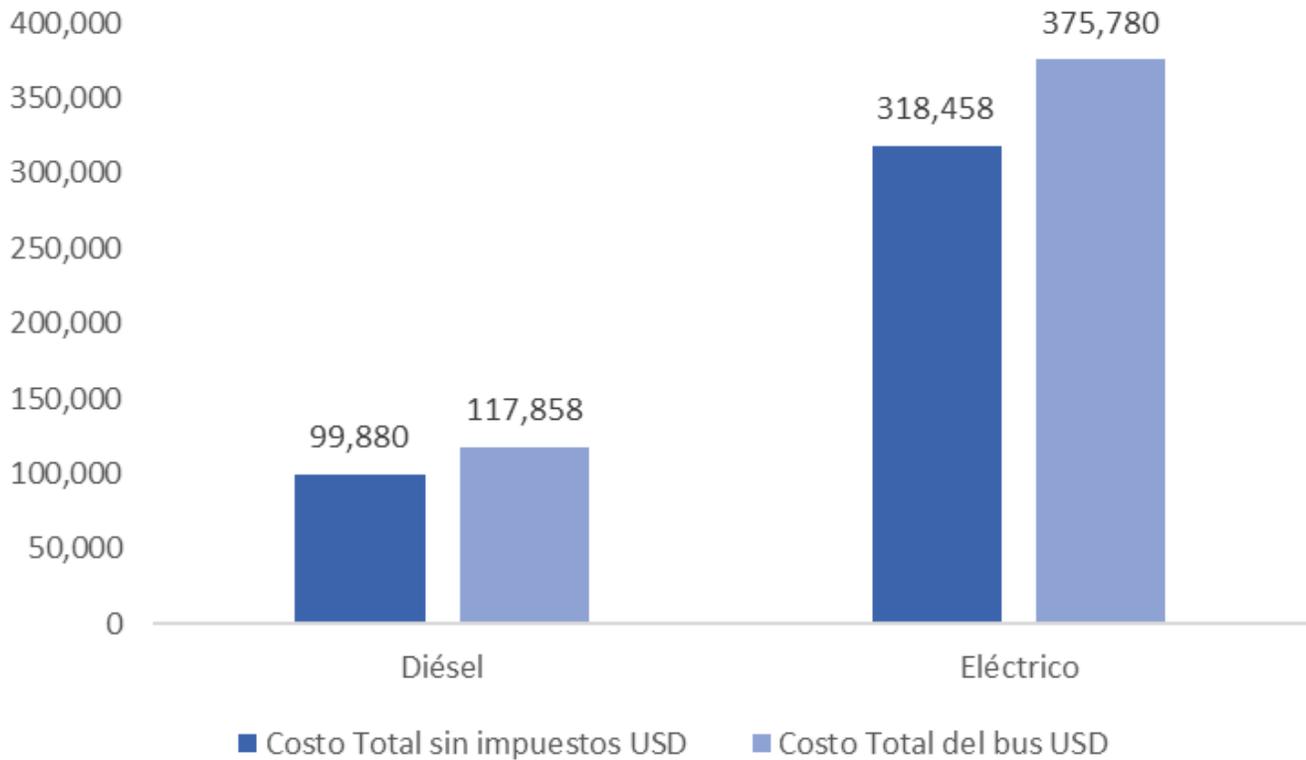
Elaboración: Esan Intelligence

Las cifras previamente señaladas pueden variar dependiendo del país que se observa, el precio de los componentes de un bus eléctrico se ven sujetos a factores como impuestos, costos de envíos, alianzas estratégicas con otras empresas o la legislación que cada gobierno va a plantear en su proyecto de movilidad sostenible.

En el caso peruano, el precio de un bus eléctrico es en promedio 318,46 mil dólares tomando en consideración la infraestructura necesaria para cargar el vehículo y la instalación de dicho sistema. Sin embargo, a este precio se le tiene que sumar un 16% por el impuesto general de ventas y un 2% adicional por promoción municipal (BID, 2020).

Como se puede observar en la Figura N°18, el costo adicional para implementar un bus eléctrico sería de 57,322 mil dólares.

Figura N°18. Precio de Buses en el 2020 con y sin impuestos (en miles de dólares)



Fuente: Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú 2020 - Banco Interamericano de Desarrollo

Elaboración: Esan Intelligence

Como se puede observar la inversión económica necesaria para el funcionamiento de una flota eléctrica en la capital es significativamente más elevada en comparación a otras fuentes energéticas como el diésel. Si se realiza una comparación con el primero, se aprecia que por vehículo eléctrico se podría invertir en dos que funcionen con gas natural. Complementando lo previamente señalado, la transición energética hacia la electricidad presenta un costo adicional que hasta el momento no se ha tomado en

consideración. El equipo necesario para el funcionamiento de la flota demanda una capacitación especializada del personal que se va a encargar de brindar mantenimiento y manejar los buses (Moya, 2023). Esto último implicaría la realización de nuevas alianzas estratégicas con empresas que posean los conocimientos o trabajadores capaces de poder manejar los equipos del transporte eléctrico.

Como se ha observado a lo largo de los presentes párrafos, la transición hacia el transporte público eléctrico se caracteriza por traer una gran cantidad de beneficios sociales, ambientales y económicos en el aspecto de mantenimiento. Sin embargo, demandan una inversión económica significativa en el inicio de su implementación. Esto es un factor fundamental sobre todo para las empresas privadas que se encargan del manejo y mantenimiento de las rutas de transporte público masivo (corredores complementarios, línea de metro y metropolitano).

Debido a esta razón, el proceso de transición energética debe ir acompañado de un plan de negocios que sea generado a través de nuevas alianzas estratégicas que involucren tanto al estado como a las empresas privadas que manejan las líneas de transporte y las que venden los equipos especializados (Martinez, 2023). Como se puede observar en la figura N°19, sin algún tipo de financiamiento adicional, el establecimiento de energía eléctrica no presenta una recuperación de inversión en un lapso de 14 años y más bien posee un índice de rentabilidad negativa por un 12.85%.



Figura N°19.Inversión Inicial sin Financiamiento

Tecnología	Diésel	Eléctrico
Inversión Inicial Cap. Propio (s./)	437,893	1,229,889
Recuperación de la Inversión (Años)	x	x
Índice de Rentabilidad	-19.62%	-12.65%

Fuente: Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú 2020 - Banco Interamericano de Desarrollo
Elaboración: Esan Intelligence

La transición energética para dejar de depender del diésel evidencia la necesidad de un plan de negocios que permita reducir el costo de negocio particular

Para que el transporte público eléctrico presente un índice de rentabilidad positiva competitiva contra el diésel o el gas natural, es necesario que haya un préstamo de 90% de la deuda durante un periodo de 10 años, una tasa de interés de 7% y bajo un periodo de gracia de 36 meses. En este caso las cifras a nivel de ganancia se estarían igualando al depósito inicial. Como se puede observar en la Figura N°21 en estos casos el índice de rentabilidad es positivo con 77.93% y si tendría un tiempo de recuperación de la inversión.

Tecnología	Diésel	Eléctrico
Inversión Inicial Cap. Propio (s./)	116,679	267,544
Recuperación de la Inversión (Años)	x	11.41
Índice de Rentabilidad	-40.28%	77.93%

Fuente: Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú 2020 - Banco Interamericano de Desarrollo

Elaboración: Esan Intelligence

A manera de cierre, en esta parte del capítulo se han explorado los beneficios y los retos que tendría la transición del transporte público a la energía eléctrica. Sin embargo, en el caso peruano, existe otra alternativa más económicamente accesible y que presentaría una potencialidad que no se encuentra presente en otros países. La siguiente parte del capítulo se va a concentrar en explorar los beneficios y retos del Gas Natural como propuesta de transición energética.

Gas Natural

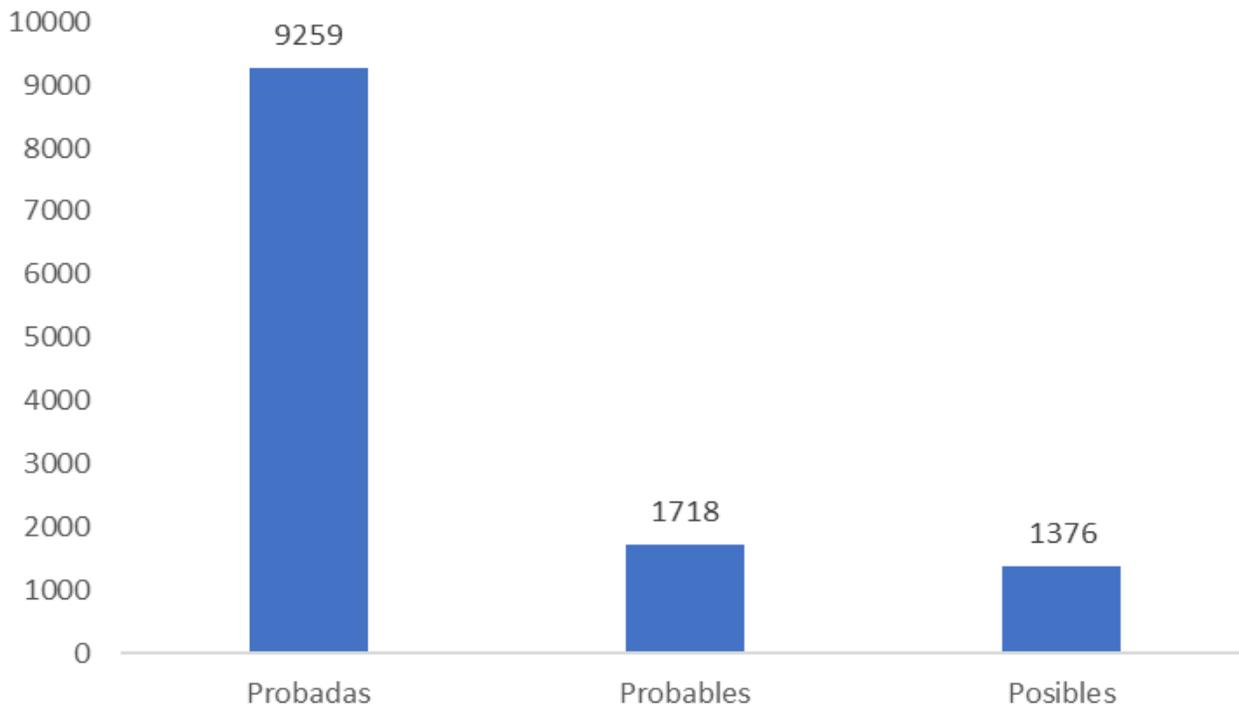
Como se ha mencionado anteriormente, la transición energética en el caso peruano tiene dos posibles caminos que puede tomar. En la sección anterior explicamos a detalle el camino de la energía

eléctrica, sus beneficios y los retos que tendría su implementación. La otra alternativa sería que el transporte público haga un cambio de combustibles en base a diésel hacia el Gas Natural (GN). El objetivo de esta sección del capítulo consistirá en explorar las potencialidades y limitantes que tienen este tipo de energías y cómo se compararía con el diésel y la energía eléctrica.

En primer lugar, se tiene que explicar que hace que el GN sea una opción rentable dentro del proceso de transición del transporte público en el caso peruano. Si se observa la Figura N°22, se aprecia que el Perú tiene acceso a una gran cantidad de Gas Natural dentro de su territorio. Esto permite la posibilidad de realizar este tipo de transición energética en tanto el precio del combustible sería menor a los valores que está adoptando dentro del mercado internacional (Aguilar, 2023).



Figura N°22. Reservas y recursos de Gas Natural al 31 de diciembre 2021 (en TCF)



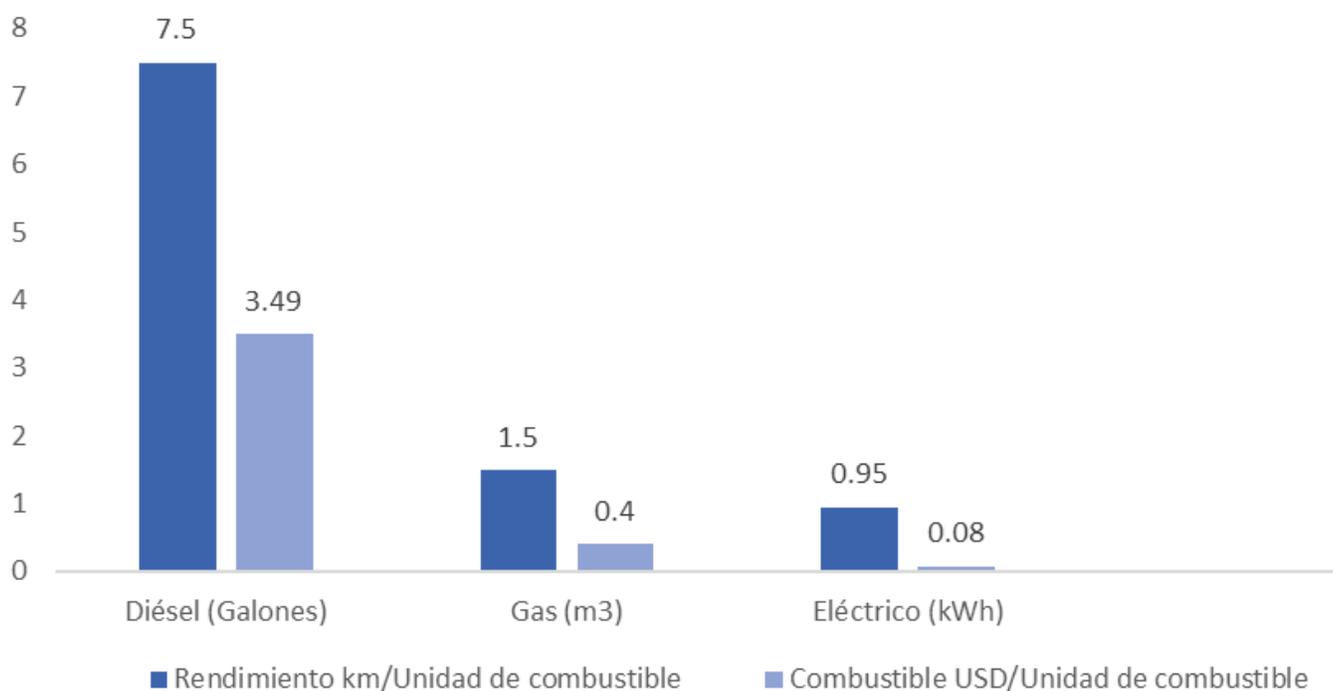
Fuente: Libro Anual de Recursos de Hidrocarburos 2021 - MINEM

Elaboración: Esan Intelligence

Para el año 2020, el costo del combustible de un bus en base a diésel en el Perú se encontraba en 3.49 USD/galón. Tomando en consideración que cada uno de estos vehículos realiza un recorrido anual de 56, 784 km y que tienen un rendimiento de 7.5 galones por kilómetro, se puede concluir que, por año, un bus de diésel tiene un consumo anual de combustible de 425, 880 galones. Esto representaría un costo total de 1,485,321 dólares anuales en costo únicamente en combustibles.

En cambio, con una transición hacia el GN, como se puede observar en la Figura N°23, hay una reducción significativa tanto en el costo de combustible y en el rendimiento que tienen por Km. En ese caso se puede apreciar que, anualmente, los buses con este tipo de energía tienen un gasto anual de 85,176 m3. Trasladando esta cifra en dólares, se estaría invirtiendo un total de 34,070.4 dólares. Comparándolo con el diésel, sería una reducción de 97% en el costo de la energía (BID, 2020).

Figura N°23. Precio de combustibles y rendimiento de vehículos en base a energía



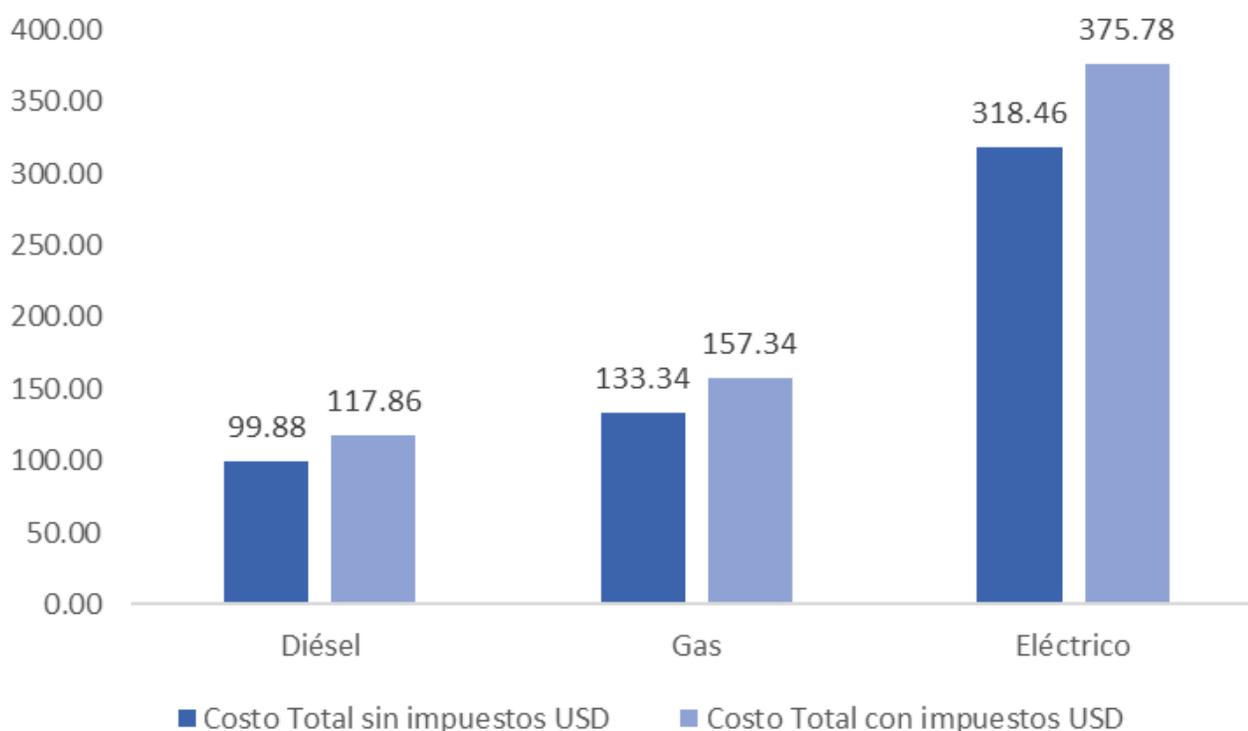
Fuente: Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú 2020 - Banco Interamericano de Desarrollo

Elaboración: Esan Intelligence

Si bien como se observa en la Figura N°23 y también como se estableció previamente, se observa que la energía eléctrica presenta una mayor tasa de eficiencia en todos los aspectos. Sin embargo, el nivel de inversión inicial que demanda este tipo de vehículos es significativamente más alto y se necesitaría un plan de negocios particular para que haya un retorno de inversión a partir del año 11 de funcionamiento. En cambio, en el caso de los buses en base a GN, el costo de entrada para dichos automóviles es considerablemente menor (BID, 2023).

Si se consulta a la Figura n°24, se podrá observar que un precio de un vehículo en base a GN es de 157.34 miles de dólares considerando el impuesto a las ventas y la promoción municipal. Comparando los costos de cada vehículo, se observa que el precio de un bus con GN equivaldría al 41.87% del costo inicial de un vehículo de transporte público eléctrico. Esto se debe a que estos últimos demandan infraestructura adicional y baterías especializadas la cual tendría que ser cubierta por las empresas que se encargan de administrar las rutas de transporte (ONU, 2022).

Figura N°24. Precio de Buses en el 2020 con y sin impuestos (en miles de dólares)



Fuente: Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú 2020 - Banco Interamericano de Desarrollo

Elaboración: Esan Intelligence

Esta reducción de precio abre la posibilidad de que los planes de negocio necesarios para la implementación de una flota de vehículos en base a GN sean muchos más flexibles y posean una recuperación de inversión sin algún tipo de financiamiento en comparación a los buses eléctricos o los que están en base a diésel. Como se puede observar en la Figura N°25, dentro de un plan de negocio de 14 años sin algún tipo de financiamiento adicional, la transición hacia el GN estaría observando una recuperación de la inversión

aproximadamente a finales del año 11 de funcionamiento con una tasa de rentabilidad de 10% (ONU, 2022).

Figura N°25. Análisis Financiero del transporte público sin financiamiento

Tecnología	Diésel	Gas
Inversión Inicial Cap. Propio (s./)	437,893	566,966
Recuperación de la Inversión (Años)	x	11.82
Índice de Rentabilidad	-19.62%	10.01

Fuente: Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú 2020 - Banco Interamericano de Desarrollo

Elaboración: Esan Intelligence

Sin embargo, si se obtiene un financiamiento como el expuesto en la sección anterior del capítulo se podría observar que la recuperación de la inversión se daría en una menor cantidad de tiempo. En este caso, un plazo de préstamo de 6 años por el 80% de deuda, una tasa de interés del 10% y un periodo de gracia de 6 meses presenciara una recuperación de la inversión inicial a mediados del año 9 y, por ende, presentaría un índice de rentabilidad del 77.53%.

Figura N°26. Análisis Financiero del transporte público con financiamiento

Tecnología	Diésel	Gas	Eléctrico
Inversión Inicial Cap. Propio (s./)	116,679	139,938	267,544
Recuperación de la Inversión (Años)	x	9.63	x
Índice de Rentabilidad	-40.28%	77.53%	-30.12%

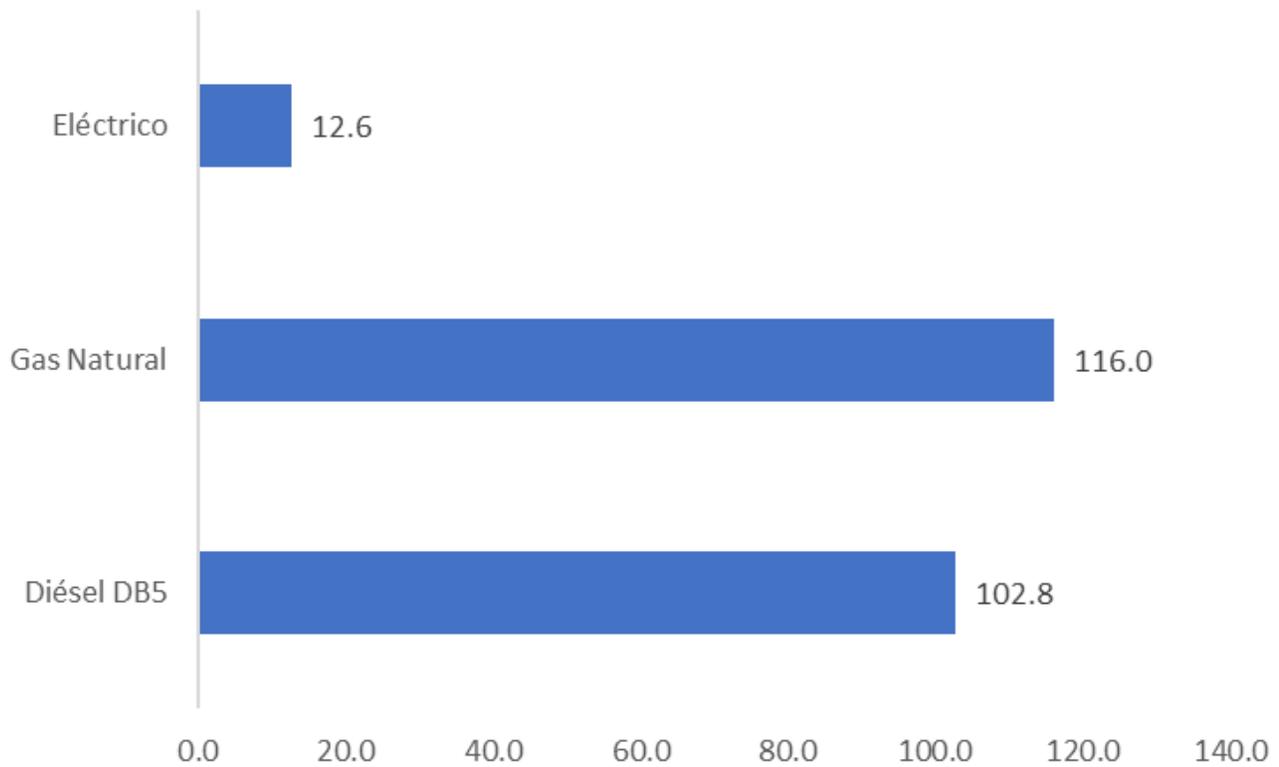
Fuente: Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú 2020 - Banco Interamericano de Desarrollo

Elaboración: Esan Intelligence

A partir de todo lo expuesto anteriormente, se puede observar que la energía en base a GN se caracteriza en el Perú por ser más económicamente aproximable en comparación a otras fuentes energéticas dentro del sector transporte. Sin embargo, tomando en consideración que la propuesta urbana de la ciudad se está enfocando en la movilidad sostenible, es necesario remarcar que los combustibles en base a Gas Natural poseen otro tipo de barreras que no presentan la energía eléctrica o incluso el diésel.

En primer lugar, se encuentra la cantidad de emisiones de CO2 que este tipo de vehículos posee. Si se observa nuevamente la Figura N°27, el gas natural presenta una emisión acumulada de 116 miles de tCO2. Dicha cifra es alarmante, tomando en consideración que el transporte en base a diésel solo presenta una cifra de emisión de 102.7 miles de tCO2. En cambio, la energía eléctrica presenta una tasa de emisión de 12 miles de tCO2.

Figura N°27. Emisiones Acumuladas de CO2 por flota de 100 buses (En miles de toneladas)



Fuente: Sistemas de transporte público de autobuses eléctricos en la región de América Latina y el Caribe - ONU 2023

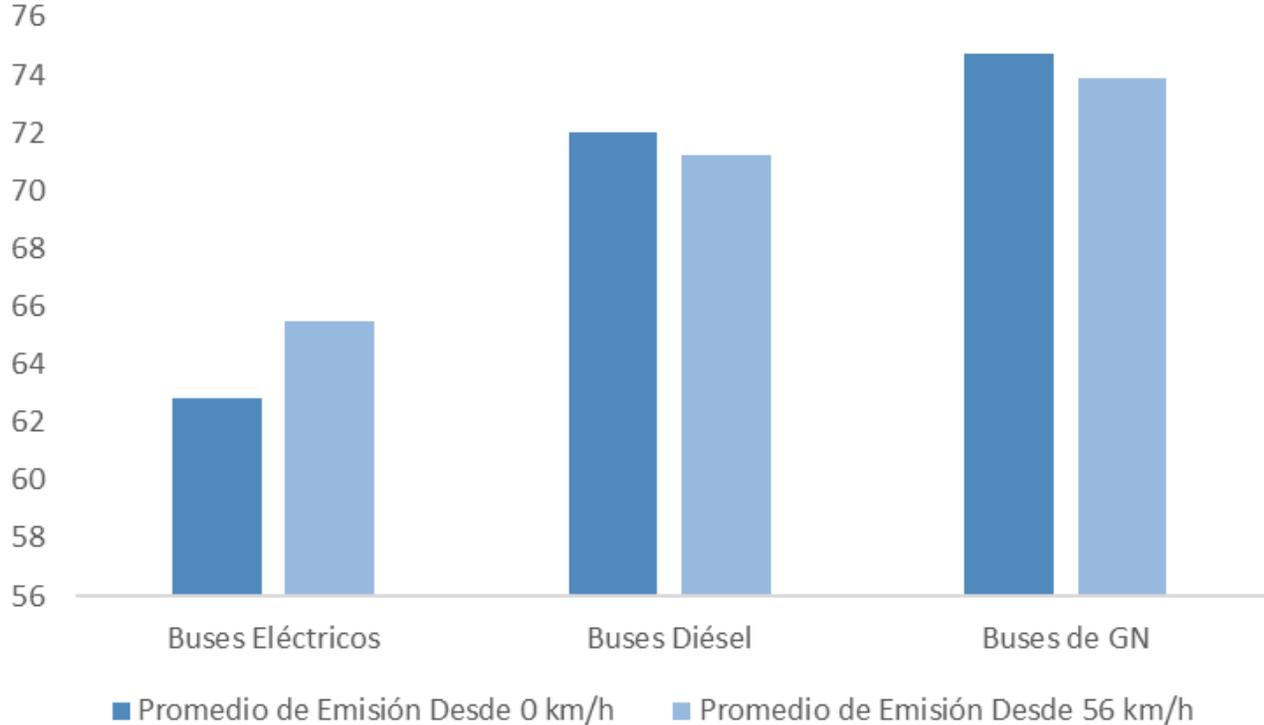
Elaboración: Esan Intelligence

Es importante recalcar que las cifras previamente señaladas son polémicas debido a que existen otras organizaciones como el departamento de Energía de E.E.U.U sostienen que el Gas Natural presentan un menor nivel de emisiones que los vehículos en base a diésel (2001).

Fuera de ello, otra barrera importante dentro del transporte público en base a gas natural es la emisión de sonidos generados por estos vehículos. Como se observa en la Figura 28, Los buses que utilizan

GN presentan un DBA de 74.9, si es que se arranca estando detenido, en comparación, el transporte en base a diésel tiene una emisión de 72 DBA en las mismas condiciones. Ello implica que, a pesar de las ventajas económicas que podría tener el transporte público con Gas Natural, habría un empeoramiento en otros problemas relacionados al transporte público como la calidad del aire o la contaminación sonora.

Figura N°28. Niveles de emisión de DBA de buses



Fuente: Borén et al (2016)
Elaboración: Esan Intelligence

Finalmente, otro punto a favor de la transición hacia el GN es que esta fuente energética no demanda una inversión adicional a nivel de infraestructura y ya posee un aparato legislativo que permite procesar el transporte con este tipo de combustible. En cambio, en el caso del transporte eléctrico, el Perú no posee normas que regulan

este tipo de vehículos. No se ha establecido un plan de incentivos por parte del Estado que permitan a las empresas hacer una transición a energía eléctrica con un costo de retorno de la inversión.

"Hay datos importantes, pero la conclusión es que definitivamente el tema eléctrico todavía es muy lejos para nosotros, porque no hay un marco legal de incentivos, y además porque el Estado, lógicamente, me imagino que dentro de su afán de querer propiciar la electromovilidad, sin embargo, tiene algo mucho más sencillo, sin que se genere tantos problemas, sin que haya mayores recursos, más aún en esta crisis que estamos, porque tengamos una caja fiscal que funcione, entonces hace que prefieren evitar cualquier regreso, y con lo que es el GNV, ellos tienen por superado, más que suficiente lo que han creado que es el FICE, que es un fondo que va ayudando a todos los que quieren pasar de un vehículo diésel a un vehículo, o de un motor diésel a un motor GNV, entonces hay todo un apoyo económico del Estado que te prestan sin intereses, entonces ya con eso creen que es más que suficiente." (Ángel Mendoza – Gerente General de la Asociación de Concesionarios de Transporte Urbano, 2024)

No se ha establecido un plan de incentivos por parte del Estado que permitan a las empresas hacer una transición a energía eléctrica con un costo de retorno de la inversión.

CAPÍTULO 4 - CONCLUSIONES

A modo de cierre, a lo largo de los capítulos del presente e-book se ha observado que el problema de la movilidad dentro de la ciudad de Lima y el Callao no solo tiene un impacto en el tiempo que invierte la población en movilizarse dentro del centro urbano, sino que tiene un impacto en otras esferas de la vida de la población debido a que también se encuentra relacionado a otras problemáticas importantes como la inseguridad, la contaminación ambiental y la calidad de vida de los ciudadanos de la capital. El tráfico se vuelve una barrera que termina limitando, especialmente a la población ubicada en la periferia urbana, el acceso a sus derechos básicos y a servicios de calidad que les permitirían mejorar su calidad de vida.

Frente a este problema, la ciudad de Lima se encuentra realizando una transición hacia una propuesta de movilidad sostenible. La Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao sostiene que el presente paradigma no solo puede ser observado desde una perspectiva técnica y económica, por lo que necesita ser implementado desde una propuesta multidisciplinaria. La transición hacia la sostenibilidad invita a las personas a concebir la movilidad sus ciudades desde los peatones y el transporte colectivo y no desde los automóviles particulares. Debido a ello, la movilidad sostenible busca el desarrollo del transporte público masivo e integrado como el eje principal de la ciudad. El paradigma de la sostenibilidad en el transporte urbano no solo se limita a la implementación más rutas de transporte masivo dentro de la ciudad, sino que también requiere un



trabajo colaborativo entre las empresas transportistas, el MTC, la ATU y la sociedad civil.

Otro aspecto clave dentro de la movilidad sostenible es la transición energética del transporte público hacia medios de movilidad zero emisiones. Los vehículos en base a diésel tienen una generación mayor de GEI, lo que deteriora la calidad de vida de la población. En otros países, como Chile, México, Colombia o Europa el transporte público tradicional está siendo reemplazado por vehículos eléctricos que poseen una menor emisión de GEI y tienen un costo de mantenimiento menor.

En el caso peruano, existen dos alternativas energéticas, la electricidad o el gas natural. Ambas opciones poseen beneficios o barreras las cuales deben ser tomadas en consideración al momento de elegir un nuevo modelo de transporte. En primer lugar, el transporte eléctrico posee el mejor grado de eficiencia en comparación a otros tipos de vehículos. Posee el menor costo a nivel de mantenimiento y combustibles. Sin embargo, la implementación de este tipo de energía implicaría una inversión inicial significativamente elevada por los vehículos y la infraestructura necesaria para su funcionamiento. Por otro lado, el aparato legal peruano aún no posee leyes que regulen al transporte público eléctrico.

El transporte público en base a Gas Natural se caracteriza por ser económicamente más rentable en el caso peruano debido a que posee yacimientos dentro de su territorio (Camisea) y el precio está regulado.

Debido a ello, el combustible dentro del país tiene un precio menor al del precio internacional. Las reservas de gas, su menor precio y costo de inversión inicial que demanda el presente tipo de transporte, permitiría planes de negocios que permitirían una recuperación de la inversión inicial. Sin embargo, el Transporte Público en base al GN también se caracteriza por tener un mayor nivel de emisión de ruido por lo que la contaminación sonora de la ciudad sería mayor que con el uso de flota eléctrica. Por otro lado, existe un debate respecto a la emisión de GEI en el GN. Existen investigaciones que sostienen que este tipo de combustibles posee una mayor cantidad de emisiones acumuladas en comparación incluso al diésel y, por el otro lado, hay organizaciones que plantean lo contrario.

Como se ha podido observar la transición hacia un modelo de movilidad sostenible forma parte de un proceso más grande que consiste en entender el transporte no tanto como un producto sino como un servicio. La tendencia de lo que es conocido mundialmente como "Mobility as a Service" (MaaS) sostiene que el cambio de los vehículos propios a favor de respuestas de transporte más colectivas. El presente concepto se expande más allá del paradigma de la sostenibilidad por lo que no fue el eje central del presente ebook, sin embargo, es importante señalar que si existe una conexión entre ambas esferas de discusión.

A modo de cierre, si bien en el presente e-book se han explorado múltiples temas en relación con la movilidad sostenible, aún existen múltiples debates los cuales no han sido explorados en su totalidad y que dan espacio a futuras investigaciones, como el transporte en



base a hidrógeno, la existencia de un programa de subsidio, la desigualdad entre la periferia y el centro de la ciudad, etc.



BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, R. (Setiembre, 2023). Panel 1: Los nuevos ejes del sistema integrado de transporte y la movilidad urbana sostenible en Lima y Callao. Ponencia presentada en el Foro Internacional: El desafío de la Movilidad Sostenible, Lima, Perú.

Aguilar, J. (2023). Panel 4: Hacia la descarbonización del transporte público. Ponencia presentada en el Foro Internacional: El desafío de la Movilidad Sostenible, Lima, Perú.

Aguirre, C. (2022). La Reforma del Transporte Público en Emergencia. Obtenido de:

<https://observatorio.esan.edu.pe/descargables/la-reforma-del-transporte-publico-en-emergencia/>

Asociación Movemos. (2022). Estresómetro. Obtenido de:

<https://movemos.pe/uploads/MOVEMOS-ESTRESOMETRO-20.12.2022.pdf>

Asociación Movemos. (2022). Los Dilemas de la Movilidad Sostenible: Una mirada desde Lima y Bogotá. Obtenido de:

<https://movemos.pe/uploads/Paper-Los-dilemas-de-Movilidad-Sostenible.pdf>

Banco de Desarrollo de América Latina. (2019). La electromovilidad en el transporte público de América Latina. Obtenido de:

<https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1466>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú. Obtenido de:

<https://publications.iadb.org/es/an%C3%A1lisis-y-diseno-de-modelos-de-negocio-y-mecanismos-de-financiacion-para-buses-electricos-en-lima-peru>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2021). Congestión urbana en América Latina y el Caribe: características, costos y mitigación. Obtenido de:

Obtenido de:

<https://publications.iadb.org/publications/spanish/viewer/Congestion-urbana-en-America-Latina-y-el-Caribe-Character%C3%ADsticas-costos-mitigacion.pdf>

Bhattacharya, A., Contreras, C., Jeong, M., Amin, A., Watkins, G., & Silva, M. (2019). Atributos y Marco para la Infraestructura Sostenible. Obtenido de:

https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Atributos_y_marco_para_la_infraestructura_sostenible_es_es.pdf

Borén, S., Nurhadi, L. & Ny, H. (2016). Preferences of Electric Buses in Public Transport; Conclusions From Real Life Testing in Eight Swedish Municipalities. Obtenido de:
https://www.researchgate.net/publication/299351717_Preferences_of_Electric_Buses_in_Public_Transport_Conclusions_From_Real_Life_Testing_in_Eight_Swedish_Municipalities

Departamento de Energía de EE. UU. (2001). Autobuses urbanos de gas natural: Separemos el mito de la realidad. Obtenido de:
<https://www.nrel.gov/docs/fy02osti/30238.pdf>

Dextre, J., & Aranda, F. (2021). Avanzando con resiliencia: Una “nueva movilidad” para Lima y Callao. Obtenido de:
<https://gobierno.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2021/12/avanzando-con-resiliencia-una-nueva-movilidad-para-lima-y-callao.pdf>

Favela, F. (2023). Panel 2: Planificación de la movilidad urbana sostenible en América Latina. Ponencia presentada en el Foro Internacional: El desafío de la Movilidad Sostenible, Lima, Perú.

Gerardo, L., Fabela, M., Hernández, J., Flores, O., Vázquez, D., & Cruz, M. (2020). Estado del Arte de la Movilidad Eléctrica en México. Obtenido de:

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt596.pdf>

Goldman Sachs. (1 de Noviembre 2023). Electric vehicle battery prices are falling faster than expected. Obtenido de:

[https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/electric-vehicle-battery-prices-](https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/electric-vehicle-battery-prices-falling.html#:~:text=Goldman%20Sachs%20Research%20now%20expects,for%20a%2033%25%20decline)

[falling.html#:~:text=Goldman%20Sachs%20Research%20now%20expects,for%20a%2033%25%20decline](https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/electric-vehicle-battery-prices-falling.html#:~:text=Goldman%20Sachs%20Research%20now%20expects,for%20a%2033%25%20decline)

Hanlin, J., Reddaway, D., & Lane, J. (2018). TRCP Synthesis 130: Battery Electric Buses State of the Practice. In National Academies of Science. Obtenido de:

<https://nap.nationalacademies.org/catalog/25061/battery-electric-buses-state-of-the-practice>

Hoyos, A. (2017). Cost effectiveness of CO2 reduction with hybrid and electric buses in developing countries. Obtenido de:

<https://thedocs.worldbank.org/en/doc/65345eceaed8c854e855e5ad6e3020dd-0190062017/cost-effectiveness-of-co2-reduction-with-hybrid-and-electric-buses-in-developing-countries>

Lima Cómo Vamos. (2024). Lima y Callao Según Sus Habitantes: Reporte Urbano de Percepción Ciudadana 2023. Obtenido de:

<https://www.limacomovamos.org/wp-content/uploads/2024/01/EncuestaLCV2023.pdf>

Lizama Valenzuela, F. (2021). Emisiones de CO2 asociadas a los procesos de fabricación y uso de buses con motor diésel y eléctricos del sistema de transporte público de la ciudad de Santiago de Chile. Obtenido de:

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184052>

Marín, A. (2022). Situación financiera de la movilidad urbana en Ciudad de México. Obtenido de:

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/d3e8c822-9142-43de-b934-c9eaa04f4a93/content>

Martínez, J. (2023). Panel 4: Hacia la descarbonización del transporte público. Ponencia presentada en el Foro Internacional: El desafío de la Movilidad Sostenible, Lima, Perú.

Mendoza, A. (2024, 13 de febrero). Entrevista a Ángel Mendoza frente al problema del tráfico.

Metro de Lima (2023). Mapa Metro Lima. Obtenido de:

<https://metrolima.net/mapa-metro-lima/>

Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. (2020). Electromovilidad en Chile: Escenarios de implementación y desarrollo de capital humano. Obtenido de:

<https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/Estudio%20Electromovilidad%20Capital%20Humano.pdf>

Ministerio de Salud. (2021). Establecimientos de Salud a nivel nacional. Obtenido de:

<https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/establecimientos-de-salud>

Ministerio de Energía y Minas. (2021). Libro Anual de Recursos de Hidrocarburos 2021. Obtenido de:

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4095706/Libro%20Anual%20de%20Recursos%20de%20Hidrocarburos%20al%2031%20de.pdf.pdf?v=1675783705>

Moya, H. (2023). Panel 3: El reto de los empresarios del transporte urbano: hacia un nuevo modelo empresarial en el sistema integrado de transporte. Ponencia presentada en el Foro Internacional: El desafío de la Movilidad Sostenible, Lima, Perú.



Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2016). La contaminación sonora en Lima y Callao. Obtenido de:

https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19088

Organización Meteorológica Mundial. (2023). Estado del clima en América Latina y el Caribe en 2022. Obtenido de:

https://library.wmo.int/viewer/66322/download?file=1322_State_of_the_Climate_in_LAC_2022_es.pdf&type=pdf&navigator=1

Organización de las Naciones Unidas. (2022). Sistemas de transporte público de autobuses eléctricos en la región de América Latina y el Caribe. Obtenido de: https://movelatam.org/wp-content/uploads/2022/07/Documento-PNUMA_Transporte-ele%CC%81ctrico-1.pdf

Pierre Rojas, J. (07 de Julio de 2023). Línea 3 del Metro: ¿qué pasó con el tren subterráneo que uniría SJM, Comas y otros 11 distritos?. La República. Obtenido de:

<https://larepublica.pe/sociedad/2023/07/01/linea-3-del-metro-de-lima-que-paso-con-el-tren-subterraneo-que-uniria-comas-lince-y-san-juan-de-miraflores-atu-mtc-26535>

Poma Salazar, M. (2020). Lima: Los desafíos de la movilidad urbana en el camino hacia la sostenibilidad. Obtenido de:

<https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Limaq/article/view/5555/5254>

Roberts, R., Gouëset, V., & Demoraes, F. (2022). Estructura urbana y condiciones de movilidad en las periferias populares de Lima y Bogotá: desafíos y método de análisis. Obtenido de:

<https://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/9942>

Saka, F., Tamblay, S., & Gschwender, A. (2021). Electromovilidad en el transporte público: La experiencia de Santiago de Chile. Obtenido de:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7818117>

Tomtom. (2023). Tomtom Traffic Index Ranking 2023. Obtenido de: <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/>