

Tecnologías limpias para el transporte público en el Perú:

# EL MOMENTO PARA EL CAMBIO







## **Tecnologías limpias para el transporte público en el Perú: EL MOMENTO PARA EL CAMBIO**

### **ATU**

Avenida Domingo Orué 165, Surquillo  
Lima, Perú  
[www.atu.gob.pe](http://www.atu.gob.pe)

Se agradece a la Cooperación Alemana para el Desarrollo, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, el apoyo brindado para la elaboración de este documento.

### **Responsables de publicación:**

María Esperanza Jara Risco (ATU)  
Héctor Elbert Rubio Guerrero (ATU)  
Claudia Silvana Ato Rodríguez (ATU)  
Luis Antonio Ibáñez Guerrero (ATU)  
Jorge Cayo Espinoza Galarza (ATU)

### **Diseño y diagramación:**

Unidad Funcional de Comunicaciones e Imagen Institucional de la ATU  
Preciso Agencia de Contenidos

### **Fotografía:**

Unidad Funcional de Comunicaciones e Imagen Institucional de la ATU



	<b>Introducción</b>	<b>05</b>
<b>1</b>	<b>Marco normativo de las operaciones del transporte</b>	<b>08</b>
	1.1. Regulaciones y facultades clave a nivel nacional	
	1.2. Actores clave: el rol de la ATU	
	1.3. Operaciones de transporte a nivel local	
<b>2</b>	<b>Situación actual del sistema de transporte en el Perú</b>	<b>18</b>
	2.1. Línea base general del sistema de transporte	
	2.2. Caracterización de la flota de autobuses en Lima y Callao	
<b>3</b>	<b>Tecnologías para la reducción de emisiones e infraestructura necesaria para la transición</b>	<b>22</b>
	3.1. Diésel	
	3.2. Gas Natural Comprimido	
	3.3. Bus eléctrico de batería	
	3.4. Híbridos	
	3.5. Comparación de tecnologías	
	3.6. Impacto de las tecnologías limpias en la mitigación de emisiones de CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> y PM	
<b>4</b>	<b>Costos y opciones de financiamiento</b>	<b>36</b>
	4.1. Costos de adquisición	
	4.2. Opciones de financiamiento	
<b>5</b>	<b>Políticas para promover la adopción de buses limpios</b>	<b>54</b>
	5.1. Barreras y oportunidades	
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>60</b>

**E**l continuo crecimiento de las poblaciones urbanas y el incremento de la actividad económica en el Perú exigen asumir el reto de repensar el sistema de transporte urbano, de manera que sea asequible, accesible y eficiente. Asimismo, los riesgos asociados al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes locales del aire exigen, hoy más que nunca, modos de transporte sostenibles. Las flotas de buses urbanos pueden ayudar a brindar soluciones a todos estos desafíos y constituirse en una oportunidad para impulsar la transformación general de este sector en el país.

Sin embargo, lo cierto es que hoy 84% de las unidades de transporte en Lima y Callao usa diésel, un combustible que se encuentra directamente asociado a una mayor cantidad de emisiones de GEI y contaminantes locales, un 12% usa Gas Natural Vehicular (GNV) o GLP, y los esfuerzos vinculados a movilidad eléctrica aún son incipientes. Ello, frente a otras ciudades de América Latina que tienen un mayor porcentaje de sus flotas operando con energías limpias.

Asimismo, en el año 2014 el Ministerio del Ambiente (MINAM) llevó a cabo un estudio de morbilidad<sup>1</sup> por los efectos de las concentraciones de material particulado, siendo que hasta 5071 admisiones hospitalarias al año por afecciones respiratorias y cardiovasculares son atribuibles a la contaminación del aire. En lo que se refiere a mortalidad, 1657 muertes al año son atribuibles a la contaminación del aire.

De acuerdo al referido estudio del MINAM, en el año 2012 se registraron 42 092 muertes en Lima y Callao, por lo que las muertes atribuibles a la contaminación del aire solo por material particulado representarían el 4% de la mortalidad total para esta región. Finalmente, en términos económicos, el estudio de Lima Metropolitana estimó que el costo acumulado por morbilidad y mortalidad anual podría ascender hasta US\$ 929,5 millones, lo que representa aproximadamente el 0,5% del PBI nacional y 0,9% del PBI de Lima.

Un motor diésel puede generar emisiones sin hollín a través de una combinación de combustibles diésel de azufre ultrabajo (10-15 partes por millón de azufre o menos) y el uso de un filtro de partículas diésel de pared cerámica. Otros motores sin hollín incluyen un motor de inyección de combustible en el puerto alimentado por Gas Natural Comprimido (GNC) o biogás con bajo contenido de carbono, o un motor eléctrico de cero emisiones (o bus eléctrico de batería).

---

<sup>1</sup>MINAM (2014). Estudio de morbilidad por efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas.

Hoy, además, existe una coyuntura expectante, no solo por la pandemia de COVID-19, sino porque es la primera vez que Lima Metropolitana y el Callao tienen una única autoridad de transporte, la Autoridad de Transporte Urbano de Lima y Callao (ATU), que busca dar un servicio de calidad a sus usuarios y, a la par, contar con un servicio responsable con el medio ambiente y la calidad de aire. Más aún, sabiendo que al término del confinamiento en la ciudad capital los niveles de contaminación del aire se mantienen como uno de los principales problemas a resolver.

La ATU busca cambiar este paradigma y, con ello, se ha priorizado las energías limpias en las licitaciones de rutas que se harán en los próximos meses, como parte de un conjunto de acciones para dirigir al transporte público de Lima y Callao hacia un esquema de eficiencia y responsabilidad ambiental.

Así, se procura optimizar la operación de las flotas de buses urbanos, orientándolas hacia tecnologías con cero emisiones. Los buses eléctricos se visibilizan como una opción comercialmente viable con emisiones de carbono nulas o muy bajas, dependiendo del contenido de carbono de la red eléctrica. El alto ahorro operativo de estos motores altamente eficientes puede traducirse, en muchos casos, a un menor costo total de propiedad en comparación con los vehículos que usan motores de combustión convencional con combustibles fósiles.

En ese sentido, el presente documento tiene como objetivo proveer información clave a los actores estratégicos vinculados al sector transporte, para acelerar la transición hacia un transporte público con buses que usen combustibles limpios y eficientes, bajo la idea de que Lima y el Callao sean un primer ejemplo a nivel nacional, de forma que posteriormente la tendencia continúe en ciudades intermedias con la planificación e implementación de sistemas de transporte urbano más sostenibles. Ello, pensando en un transporte urbano que respete los criterios de adaptabilidad, inclusión y sostenibilidad.

El contenido de este documento presenta, en primer lugar, el marco regulatorio vigente para los buses de transporte público en el Perú, señalando la legislación nacional y local que regula el sector. Luego, se presenta la situación actual de la flota de buses, detallando su crecimiento histórico y su composición por tipos de vehículos. En una tercera sección, se exponen las tecnologías disponibles para la reducción de emisiones, la infraestructura necesaria para la transición hacia ellas y los beneficios que trae su adopción. Un cuarto capítulo trata sobre los costos de implementación para las diferentes tecnologías; mientras que el quinto capítulo trata sobre las políticas para promover la adopción de buses limpios. Y, finalmente, se establecen recomendaciones para su implementación.



MANTENGASE ALEJADO DE LA PUERTA

777

PLEY



# 1

## MARCO NORMATIVO DE LAS OPERACIONES DEL TRANSPORTE



## 1.1.

### Regulaciones y facultades clave a nivel nacional

El transporte de pasajeros es un elemento fundamental en la vida económica y social de un país. Es parte esencial del sistema que permite a su población movilizarse para realizar cualquier tipo de actividad: desde desplazarse hacia/desde sus centros de trabajo y hogar, hasta acceder a servicios de salud, educativos y culturales.

Así, a nivel nacional, los principales instrumentos regulatorios marco en materia de transporte son los siguientes:

**TABLA 1**  
Marco regulatorio nacional en materia de transporte

REGULACIÓN	FUNCIÓN
Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre 27181 (LGTTT) <sup>2</sup>	Establece los lineamientos generales económicos, organizacionales y reglamentarios del transporte terrestre (Art. 1, LGTTT), así como las competencias de las autoridades en materia de transporte: MTC, ATU, GOLO, Policía Nacional e INDECOPI.
Decreto Supremo N.º 058-2003-MTC - Reglamento Nacional de Vehículos <sup>3</sup>	Señala las características y requisitos en materia de seguridad, emisiones, pesos y dimensiones, e infracciones y sanciones correspondientes a los vehículos y su operación en las vías, así como la obligación para todo vehículo de cumplir con las normas de revisiones técnicas (Art. 23, LGTTT).
Decreto Supremo N.º 017-2009-MTC - Reglamento Nacional de Administración de Transporte (RNAT) <sup>4</sup>	Establece las disposiciones generales para el servicio de transporte de personas y mercancías, características de la flota, condiciones de calidad y seguridad, y las sanciones relacionadas con la prestación del servicio de transporte. Señala los criterios técnicos para clasificar a las vías como saturadas por concepto de congestión o contaminación, así como las condiciones de acceso y operación de los servicios de transporte en dichas vías (Art. 23, LGTTT).
Decreto Supremo N.º 016-2009- MTC – Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito	Establece las normas que regulan el uso de las vías públicas terrestres, aplicables a los desplazamientos de personas, vehículos y animales y a las actividades vinculadas con el transporte y el medio ambiente, en cuanto se relacionan con el tránsito.
Decreto Supremo N.º 025-2008-MTC - Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares <sup>5</sup>	Estipula los procedimientos a través de los cuales los Centros de Inspección Técnica Vehicular (CITV) autorizados efectúan la Inspección Técnica Vehicular. Señala, además, las condiciones técnicas y mecánicas mínimas que debe cumplir un vehículo para obtener el Certificado de Inspección Técnica Vehicular que lo habilite para circular por las vías públicas terrestres nacionales.
Ley 30900 que crea la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU)	Declara el transporte terrestre de personas en todos sus ámbitos y modalidades como un servicio público y dispone que la ATU, como organismo técnico especializado, se encarga de planificar, regular, gestionar, supervisar, fiscalizar y promover el Sistema Integrado de Transporte de Lima y Callao.
Ley 651 sobre la libre competencia en las tarifas de servicio público de transporte urbano e interurbano de pasajeros en todo el país	En su artículo 2º, declara el libre acceso a las rutas del servicio público de transporte. En su modificación, mediante la Ley 27774 del 2002, se incluye que el libre acceso se otorgará previa autorización de las municipalidades, siempre que se cumplan con los requisitos y características operacionales de la LGTTT.

<sup>2</sup> Congreso de la República, Ley N.º 27181 Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre (Perú, 2015), [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3106.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3106.pdf).  
<sup>3</sup> MTC, Decreto Supremo N.º 058-2003-MTC: Reglamento Nacional de Vehículos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú, 7 de noviembre del 2003), <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2017/05/DS-058-2003-MTC-RNV.pdf>.

<sup>4</sup> MTC, Decreto Supremo N.º 017-2009-MTC que aprueba el reglamento nacional de administración de transporte (Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú, 22 de abril del 2009), [https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/normas-legales/DECRETO%20SUPREMO%20N%C2%BA%20017-2009-MTC%20\(actualizado%2004.01.2017\).pdf](https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/normas-legales/DECRETO%20SUPREMO%20N%C2%BA%20017-2009-MTC%20(actualizado%2004.01.2017).pdf).

<sup>5</sup> MTC, Decreto Supremo N.º 025-2008-MTC que aprueba el Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú, 24 de agosto del 2008), [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/404333/1\\_0\\_4331.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/404333/1_0_4331.pdf).

La LGTTT establece que el MTC es responsable de emitir los reglamentos nacionales y fiscalizar el cumplimiento de las normas del servicio de transporte terrestre, pero que también puede acreditar entidades supervisoras para tal fin.

El Reglamento Nacional de Administración de Transporte establece los criterios para clasificar a las vías como *saturadas*, ya sea por congestión o contaminación. Esto tiene implicancias en la prestación del servicio público de transporte, ya que el acceso a dichas vías se otorga mediante una licitación pública, y los contratos de concesión solo podrán concederse por un plazo fijo sin renovación automática.

Otro de los organismos públicos que intervienen en la regulación del transporte es el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), que aprueba los contratos de las Asociaciones Público-Privadas (APP) de las concesiones de los servicios de transporte. Por su parte, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) interviene en la determinación de la calidad de combustibles, mientras que la supervisión de las demás disposiciones del sector energético, como es el caso de tarifas de los combustibles, está a cargo del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). El Ministerio del Ambiente (MINAM) determina, además, las especificaciones de emisiones de los vehículos, así como el índice de nocividad.

La Policía Nacional del Perú es la responsable de fiscalizar el cumplimiento de las normas de tránsito de los prestadores de servicio de transporte. Finalmente, el Instituto de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) se encarga de supervisar el cumplimiento de las normas de protección al consumidor que incluyen al servicio de transporte público.

El Decreto Legislativo N.º 651, modificado por la Ley 27774, establece el libre acceso de la prestación del servicio público de transporte urbano de pasajeros, así como la libre competencia en las tarifas del sistema de transporte público urbano y suburbano<sup>6</sup>. Es importante resaltar que a partir de la promulgación de esta Ley surgieron condiciones para la sobreoferta de operadores en el transporte público (MTC, 2009).

## i. Vehículos

### a. Requisitos tecnológicos y de emisiones

Los límites máximos permisibles (LMP) de emisiones están regulados mediante el Decreto Supremo N.º 010-2017-MINAM. Estos LMP se encuentran vigentes desde abril del 2018 y corresponden a los niveles tecnológicos Euro IV, EPA 2007 y Tier 2 (Tabla 2).

**TABLA 2**

**Límite de emisiones por tipo de vehículo y combustible, para vehículos que ingresan al parque automotor nacional a partir de abril del 2018<sup>7</sup>**

TIPO DE VEHÍCULO	LÍMITE DE EMISIONES
Vehículo de pasajeros PBV $\leq 2.5$ ton y $\leq 6$ asientos (motor de chispa o compresión) Vehículos <sup>8</sup> de pasajeros o de carga (diésel) PBV $> 3.5$ ton Vehículos <sup>9</sup> de pasajeros o de carga (GNV o GLP) PBV $> 3.5$ ton Vehículos de pasajeros PBV $> 2.5$ ton o $> 6$ asientos (motor de chispa o compresión)	Euro IV o de mayor exigencia
Vehículos livianos para el transporte de pasajeros (LDV) $\leq 12$ asientos (gasolina, GNV, GLP, diésel) Vehículos de pasajeros (LDT) PBV $\leq 3.8$ ton y $> 12$ asientos (gasolina, GNV, GLP, diésel)	Tier 2 bin 5 o de mayor exigencia
Vehículos <sup>10</sup> de pasajeros o de carga (diésel) PBV $> 3.8$ ton	EPA 2007 o de mayor exigencia

<sup>6</sup> Congreso de la República, Decreto Legislativo N.º 651 que establece la libre competencia en las tarifas de servicio público de transporte urbano e interurbano de pasajeros en todo el país; Congreso de la República, Ley N.º 27774 que modifica el Decreto Legislativo N.º 651 y que deroga la Ley N.º 25457 y la Ley N.º 26719 (Perú, 5 de julio del 2002), <https://docs.peru.justia.com/federales/leyes/27774-jul-5-2002.pdf>.

<sup>7</sup> MINAM, Decreto Supremo N.º 010-2017-MINAM que establece límites máximos permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/62329>.

<sup>8</sup> Vehículos con motores convencionales diésel, incluidos los de inyección electrónica, recirculación de gases de escape y/o catalizadores de oxidación.

<sup>9</sup> Vehículos con motores a GNV o GLP o motores diésel con sistemas de tratamiento de escape avanzados (filtros de NO<sub>x</sub> y/o filtros de partículas).

<sup>10</sup> Vehículos con motores de encendido por compresión que usan diésel como combustible.



## b. Restricciones por antigüedad

El Reglamento Nacional de Administración de Transporte establece en su artículo 25 que la antigüedad máxima para la prestación del servicio de los vehículos de servicio público de personas en el ámbito nacional, regional y provincial es de quince (15) años. Sin embargo, esta puede ser extendida por los gobiernos locales hasta por cinco (5) años más<sup>11</sup>.

## c. Impuestos

El Impuesto Selectivo al Consumo (ISC) es un impuesto variable, según el tipo de combustible que usen los vehículos. Mientras que los vehículos nuevos de pasajeros, los nuevos a gas, híbridos o eléctricos no pagan el ISC, los vehículos nuevos a gasolina pagan el 10%; los nuevos a diésel, el 20%; y los vehículos usados pagan el 40%. Por otro lado, la venta de vehículos se encuentra afectada por el Impuesto General a las Ventas (IGV), el cual representa el 18% del costo.

Finalmente, todos los vehículos —durante los primeros tres años a partir de su inscripción en el Registro Público de Vehículos como vehículos nuevos— deben pagar el Impuesto Vehicular Nacional. El monto de este impuesto corresponde al 1% del valor original de adquisición. Para los vehículos dentro de Lima este pago puede realizarse en línea, pero para las demás regiones se debe tramitar ante la Municipalidad Provincial<sup>12</sup>. Es preciso mencionar que el Registro Público de Vehículos está a cargo de la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP).

## ii. Combustibles

Según lo establecido por la Ley 28694<sup>13</sup>, desde el 1 de enero del 2010, la comercialización de diésel que tenga un contenido de azufre mayor a 50 partes por millón (ppm) se encuentra prohibida. Para la ejecución de esta disposición a nivel nacional, se publicaron varios decretos con el calendario de implementación. Así, a la fecha según el SCOP-Osinergmin, se ha logrado cubrir aproximadamente el 95% de la demanda nacional.

<sup>11</sup> MTC, Decreto Supremo N.° 017-2009-MTC que aprueba el Reglamento Nacional de Administración de Transporte. [https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/normas-legales/DECRETO%20SUPREMO%20N%C2%BA%20017-2009-MTC%20\(actualizado%2004.01.2017\).pdf](https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/normas-legales/DECRETO%20SUPREMO%20N%C2%BA%20017-2009-MTC%20(actualizado%2004.01.2017).pdf).

<sup>12</sup> Gobierno del Perú, Impuesto Vehicular, 2019, <https://www.gob.pe/464-impuesto-vehicular-inscribe-tu-vehiculo>.

<sup>13</sup> Congreso de la República, Ley N.° 28694 que regula el contenido de azufre en el combustible diésel (Perú, 22 de marzo del 2006), <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dgh/legislacion/ley28694.pdf>.

En cuanto a la gasolina/gasohol, mediante el Decreto N.º 025-2017-EM, se dispuso que —a partir del 1 de enero del 2018— el contenido máximo es de 50 ppm de azufre únicamente para las gasolinas/gasoholes con un índice de octanaje (RON) de 95/97/98.

Un hidrocarburo con gran disponibilidad en el Perú es el gas natural, por lo que su promoción se ha establecido a través de la Ley 27133 y su respectivo reglamento. Esta norma busca fomentar y desarrollar la industria del gas natural en su explotación, infraestructura de transporte, distribución y usos industriales. Si bien no se hace explícita la promoción de su uso en el servicio de transporte, la ley genera condiciones para promover los vehículos a gas natural, como en el caso del Metropolitano, cuyas unidades operan en su totalidad con gas natural.

Otro aspecto relevante en materia de combustibles es la determinación del Índice de Nocividad de Combustibles (INC), que sirve como referencia para el establecimiento del Impuesto Selectivo al Consumo<sup>15</sup>. Este impuesto —establecido en la Ley 28694— toma en cuenta el grado de nocividad de los combustibles para determinar el monto del gravamen como proporción a su externalidad a la contaminación del aire y consecuentes efectos en la salud de la población. El INC toma como base al gas natural, cuyos valores para 2020 y 2021 se presentan en la Figura 1.

**TABLA 3**  
Índices de nocividad de combustibles 2020-2021

Tipo de combustible	INC
Gas Natural	1,0
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	2,3
Carbón Antracítico	6,2
Carbón Bituminoso	9,5
Gasohol 95/97/98 Octanos	10,7
Gasohol 90 Octanos - S50	12,5
Gasohol 90 Octanos	13,1
Diesel B5 - S50	14,2
Diesel B5 - S5000	16,7
Turbo A1	17,5
Petróleo Industrial N° 6	26,5
Gasohol 84 Octanos - S50	28,9
Gasohol 84 Octanos	29,5
Petróleo Industrial N° 500	36,0

Fuente: MINAM, 2020

<sup>15</sup> MINAM, Decreto Supremo N.º 007-2020-MINAM que aprueba Índices de Nocividad de Combustibles (INC) para el periodo 2020- 2021 <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/67034>.

## 1.2.

### Actores clave: el rol de la ATU

La Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU) es el organismo técnico especializado, adscrito al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, encargado de organizar, implementar y gestionar el Sistema Integrado de Transporte (SIT) de Lima y Callao. El SIT está conformado por seis componentes que, desde un enfoque de movilidad sostenible, busca garantizar un transporte de calidad, seguro, competitivo y sostenible para las usuarias y los usuarios de la ciudad de Lima y Callao.



Fuente: ATU, 2020

La ATU tiene a su cargo la gestión del servicio público de transporte terrestre de personas en la ciudad de Lima y Callao. En ese sentido, define sus funciones bajo el modelo de operación de la Ilustración 2.





Antes de la creación de este organismo, la gestión del transporte urbano estaba repartida entre la Municipalidad de Lima Metropolitana, la Municipalidad del Callao, el Instituto Metropolitano de Transporte de Lima (Protransporte), y la Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (AATE).

La ATU apuesta por la implementación de un sistema de transporte ambientalmente responsable, por lo cual la institución viene gestionando una serie de acciones, entre las que destacan:

i. Uso de energías limpias. Con el fin de incrementar el transporte público que use tecnologías limpias, la ATU viene proponiendo la implementación del "Bus patrón", el cual reúne una serie de requisitos técnicos que deben cumplir los vehículos para poder prestar los servicios de transporte.

- Vehículos a diésel Euro V o VI, buses a gas o eléctricos, vinculados a la matriz energética disponible.
- Información al usuario vía tecnología.
- Vehículos con diseños uniformes.

ii. Incorporación de variables e indicadores ambientales en las nuevas concesiones que se realicen.

## 1.3.

# Operaciones de transporte a nivel local

---

### a. Sistemas integrados de transporte (SIT)

#### i. Planeación

De acuerdo con su Reglamento de Operaciones y Funciones (ROF), la Dirección de Integración de Transporte Urbano y Recaudo de la ATU ejerce las competencias en materia de planificación, normatividad, interoperabilidad y funcionamiento del Sistema de Transporte de Lima y Callao. Asimismo, conduce y supervisa el desarrollo e implementación de los sistemas tecnológicos e infraestructura informática que soportan la gestión del sistema de transporte.

En el 2012, a través de la Ordenanza N.º 1613<sup>16</sup>, se creó el Sistema Integrado de Transporte Público (SIT) de Lima Metropolitana, el cual busca la integración física, operacional, tarifaria y de pago único del servicio de transporte público de personas.

El SIT está conformado por los sistemas ferroviarios (metro), los corredores segregados de alta capacidad (COSAC), el sistema de corredores complementarios (corredores mixtos o exclusivos) y los demás servicios de transporte regular de personas de la ciudad de Lima y Callao.

Para la gestión e implementación del SIT, la ATU viene desarrollando el Plan de Movilidad Urbana, el Plan de Transporte Masivo, el Nuevo Modelo de Transporte, el Plan de Rutas Urbanas y el Plan de Desarrollo Logístico.

#### ii. Respecto al régimen de autorizaciones

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley de Creación de la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU), aprobada por Ley 30900, se dispone que esta ejerce competencia en la integridad del territorio comprendido entre Lima y Callao sobre el servicio público de transporte de personas, razón por la cual, las municipalidades de Lima Metropolitana y Callao transfirieron las autorizaciones otorgadas para la prestación de servicios. Es importante señalar que actualmente, de acuerdo a la citada ley, la ATU solo está facultada para habilitar el servicio de transporte terrestre regular y masivo de personas a través de concesiones.

En ese sentido, conforme a lo dispuesto en la Ley, la ATU viene implementando progresivamente el Sistema Integrado de Transporte de Lima y Callao, lo cual implicó que se realicen las acciones necesarias para lograr una transición ordenada.

No obstante, es importante considerar la afectación que ha tenido la pandemia generada por la COVID-19 en los operadores de transporte, por lo que es necesario evaluar y gestionar la posibilidad de implementar un mecanismo de transición hacia el nuevo esquema del SIT para Lima y Callao, que permita un escenario temporal de títulos habilitantes mixtos en tanto se da la recuperación económica, pero que a la vez garantice la elevación de los niveles de calidad y seguridad en el servicio.

#### iii. Respecto al régimen de concesiones

De acuerdo con lo dispuesto en el literal f) del artículo 6 de la Ley N.º 30900 17, la ATU tiene dentro de sus funciones otorgar concesiones para la para la prestación de los servicios de transporte terrestre regular y masivo de personas a efectos de implementar un Sistema Integrado de Transporte (SIT).

El SIT comprende la implementación del Sistema de Líneas del Metro de Lima y Callao, los Corredores Segregados de Alta Capacidad y los Corredores Complementarios. Temporalmente, los servicios autorizados por las municipalidades de Lima Metropolitana y Callao también forman parte del SIT.

---

<sup>16</sup> Municipalidad Metropolitana de Lima, "Ordenanza N.º 1613 que crea el Sistema Integrado de Transporte Público de Lima Metropolitana, aprueba el Plan Regulador de Rutas y modifica el TUPA de la Municipalidad Metropolitana de Lima en lo que corresponde a la Gerencia de Transporte Urbano," 27 de junio del 2012, <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-que-crea-el-sistema-integrado-de-transporte-public-ordenanza-n-1613-807033-1/>.

#### **iv. Programa Nacional de Chatarreo y Renovación Vehicular**

En diciembre del 2019 se emitió el Decreto de Urgencia N.º 029-2019, en el cual se establecen medidas para promover los programas de chatarreo como mecanismo dirigido a la renovación o retiro definitivo de vehículos del parque automotor. Esto con el fin de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes locales que afecten la salud pública, así como contribuir a la reducción de la siniestralidad y resguardar la seguridad vial.

La norma establece, asimismo, beneficios para las personas propietarias de los vehículos, en forma de incentivos, pudiendo ser económicos y no económicos, los cuales se detallan en el reglamento del Decreto.

Para acceder a los incentivos previstos en el Programa de Chatarreo, las personas solicitantes deberán acreditar, como mínimo, las siguientes condiciones:

- Que el vehículo se encuentre inscrito a su nombre en el registro de propiedad vehicular de la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (SUNARP).
- Que el vehículo cuente con Tarjeta de Identificación Vehicular.
- En el caso de vehículos que presten el servicio de transporte público de personas y mercancías, el número de chasis y de motor deben coincidir con los números consignados en la Tarjeta de Identificación Vehicular.
- El vehículo debe estar en funcionamiento y en capacidad de llegar a la planta de chatarreo por su propia propulsión.
- Tiene que contar con los componentes mecánicos y estructurales completos, establecidos en el Reglamento.

El 5 de febrero del 2021 se publicó el Decreto Supremo N.º 005-2021, que aprobó el Reglamento Nacional para el Fomento del Chatarreo, a través del cual se establecen los requisitos para ser autorizado como Entidad de Chatarreo, así como las etapas del proceso de chatarreo y sus modalidades, entre las que destaca el chatarreo voluntario.

Por otra parte, en el artículo 5º del Decreto de Urgencia N.º 019-2020, se establecieron disposiciones para viabilizar el potencial chatarreo de vehículos a partir de un procedimiento de declaración de abandono de aquellos que se encuentren bajo algún Procedimiento Administrativo Sancionador y con multa(s) que haya(n) adquirido firmeza.

En esta misma línea, mediante el Decreto Supremo N.º 016-2021-MTC, se aprobó el Reglamento que establece el procedimiento para la Declaración de Abandono y Chatarreo de los Vehículos Internados en Depósitos Vehiculares, el cual tiene como finalidad fortalecer las acciones de fiscalización y sanción en materia de transporte y tránsito terrestre de las autoridades competentes, mediante la regulación de un procedimiento estandarizado para la declaratoria de abandono de los vehículos internados en los depósitos. Esto permite una eficiente disposición de tales depósitos vehiculares para la mejora de la seguridad vial, así como promover el retiro definitivo de los vehículos del parque automotor, ello para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes locales que afecten la salud pública, contribuir a reducir la siniestralidad en las vías públicas y mejorar el sistema de transporte terrestre.

En ese marco, la ATU —mediante Resolución de Presidencia Ejecutiva N.º 067-2021-ATU/PE— aprobó la directiva que regula la declaración de abandono y chatarreo de los vehículos internados en los depósitos vehiculares, que establece el procedimiento interno para emitir la Resolución de Declaración de Abandono de vehículos en depósitos de la ATU.

#### **v. Características técnicas de los buses**

De acuerdo con el artículo 18 del Reglamento de la Ley 30900, Ley que crea la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 005-2019-MTC, el servicio regular de transporte únicamente puede ser prestado en vehículos de gran capacidad, cuyas características y



especificaciones técnicas se determinan de acuerdo con lo establecido en los Planes de Operación que expida la ATU, conforme a la vías y rutas concesionadas o autorizadas.

Según la Ordenanza Municipal N.º 1974-MML<sup>17</sup>, las características de los vehículos deben atender a lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Vehículos (RNV) y lo establecido en los contratos de concesión correspondientes.

## vi. Estructura tarifaria

Según el Decreto Supremo N.º 005-2019-MTC, la ATU evalúa y establece un régimen de tarifa integrada para la prestación de servicios de transporte terrestre de personas y sus servicios complementarios, de conformidad con las normas que correspondan, propendiendo a su equilibrio.

Para las rutas concesionadas, las tarifas —así como el sistema de recaudo— se establecen mediante los términos acordados en los contratos de concesión. Estas tarifas se estiman a partir de fórmulas técnicas, aprobadas por la ATU, que toman en cuenta los criterios de equidad, proporcionalidad y racionalidad. En las otras rutas autorizadas, las tarifas son determinadas por los operadores.

Recientemente, la ATU ha aprobado la Resolución Directoral N.º 01-2020-ATU/DIR, que establece el estándar de interoperabilidad tecnológica para el sistema de recaudo único para Lima y Callao. Este estándar posibilitará aplicar un único medio de pago (tarjeta) en los diferentes servicios de transporte público del Sistema Integrado de Transporte (SIT).

La aprobación de esta norma constituye el primer paso para que los usuarios accedan al sistema y tengan la opción de viajar con una tarifa justa y con descuentos por transbordo.

<sup>17</sup> Municipalidad Metropolitana de Lima, Ordenanza N.º 1974 que modifica el régimen sancionador regulado por la ordenanza N.º 1599 y disposiciones de las ordenanzas N.º 1599, 1681, 1682, 1684 y 1693 (Perú, 4 de agosto del 2016), <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-n-1974-que-modifica-el-regimen-sancionador-regula-ordenanza-no-1974-1415148-1/>.

# 2

## SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE



## 2.1

### Línea base general del sistema de transporte

#### i. Distribución modal

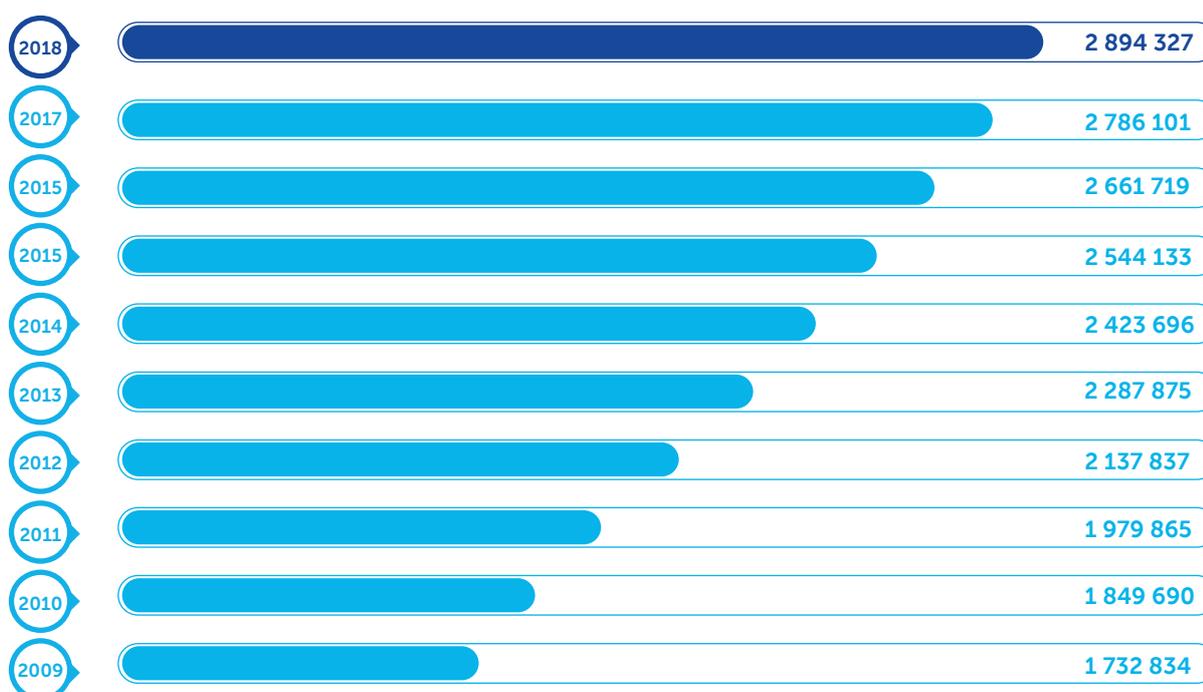
El parque nacional automotor suma 2 894 327 vehículos al año 2018 y está compuesto en un 85,3% por vehículos livianos y medianos, y en un 14,7% por unidades pesadas como camiones, ómnibus, y remolques. Estas cifras no incluyen a los vehículos menores como las motocicletas o mototaxis.

Asimismo, el parque automotor ha crecido en un 26,51% con respecto al año 2013<sup>18</sup> tal como se muestra en el Gráfico 1.

**Gráfico 1**

Parque automotor nacional 2018<sup>19</sup>

Parque automotor nacional estimado, 2019 - 2018



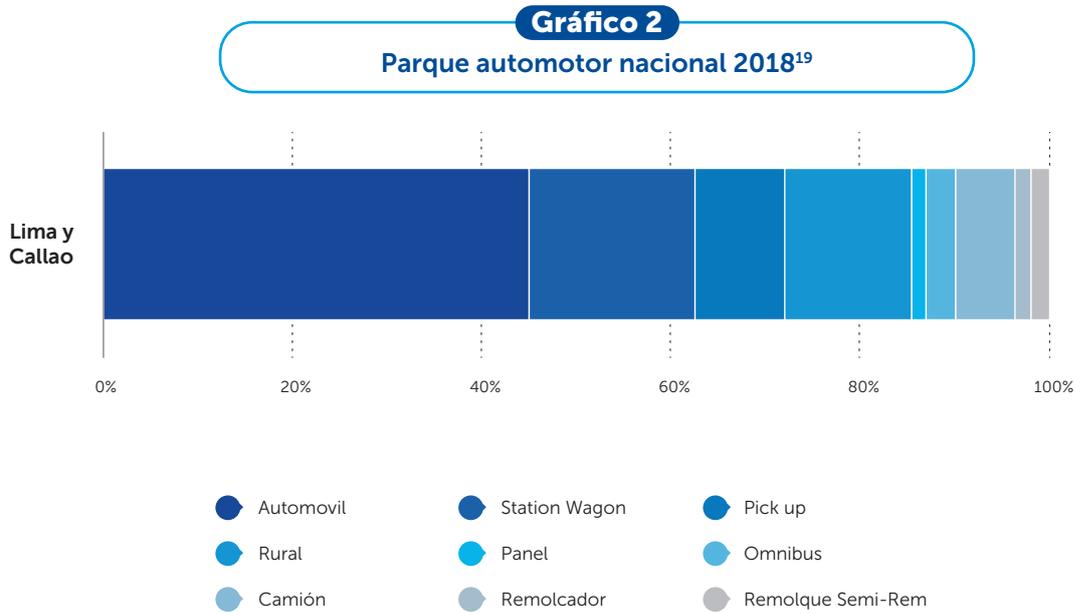
Fuente: MTC - OGPP - Oficina de Estadística  
Elaboración: MTC - DGPP - Oficina de Estadística

<sup>18</sup> MTC, Anuario Estadístico 2018 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú, octubre del 2019), [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/407547/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_2018.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/407547/ANUARIO_ESTADISTICO_2018.pdf).

<sup>19</sup> Ídem.

## ii. Tipos de vehículos y su participación en el total de la flota

En el Gráfico 2, se muestra cómo se compone el parque vehicular de Lima y Callao.



Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019)

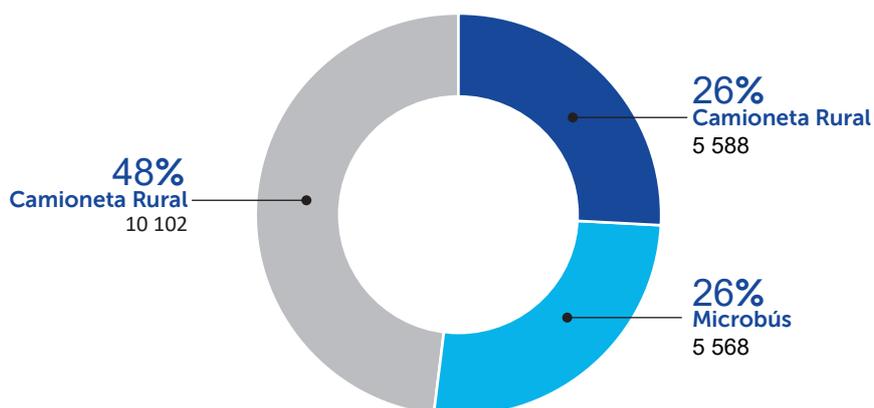
## 2.2

### Caracterización de la flota de transporte urbano en Lima y Callao

#### i. Perfil tecnológico

Al 2020, el parque automotor registrado en el servicio de transporte público de Lima y Callao ascendía a 21 259 vehículos. De estos, el 48% son de tipo ómnibus, el 26% microbuses y el 26% restante son camionetas rurales o combis. En cuanto a capacidad, las camionetas rurales podrían albergar, en promedio, a 16 pasajeros por unidad; los microbuses, a 28; y los omnibuses, a 43 pasajeros por vehículo.

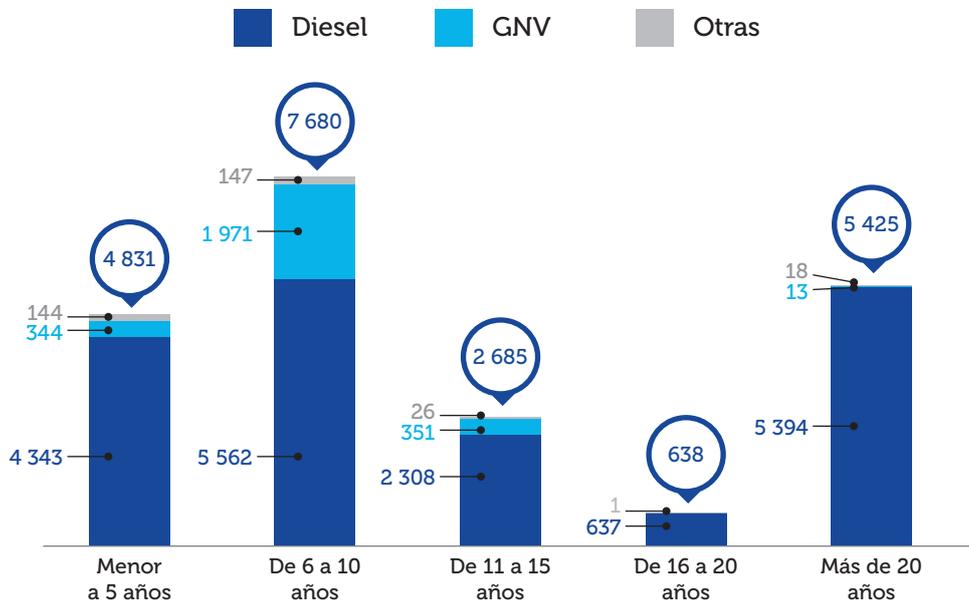
**Gráfico 3**  
Distribución del parque de transporte público de Lima y Callao al 2020



Fuente: Autoridad de Transporte Urbano (2020).

En cuanto a la antigüedad y uso de combustible del parque, el 29% de la flota habilitada tiene más de 15 años de antigüedad; asimismo, el 89% de la flota opera con diésel; sin embargo, en la flota de más de 15 años, la participación del diésel se incrementa a 99,5%.

**Gráfico 4**  
Antigüedad de la flota y uso de combustibles en el transporte público en Lima al 2020

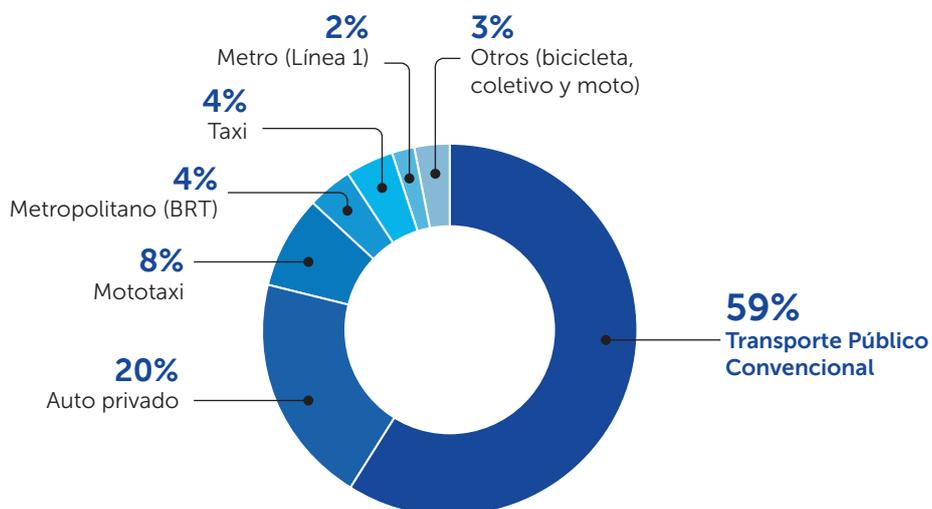


Fuente: Autoridad de Transporte Urbano (2020).

## ii. Actividad total

Como se puede observar en el Gráfico 5, se estima que, exceptuando los viajes a pie, en Lima y Callao se realizan aproximadamente 17,5 millones de viajes diarios, en los cuales predomina principalmente un 59% que se realiza en transporte público convencional.

**Gráfico 5**  
Antigüedad de la flota y uso de combustibles en el transporte público en Lima al 2020



Fuente: Política Nacional de Transporte Urbano (2019).

\* Para la construcción del escenario al 2019 de Lima Metropolitana se ha tomado el patrón de viajes de la Encuesta JICA del 2012 aplicado a la población del 2019.

# 3

## TECNOLOGÍAS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES E INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA LA TRANSICIÓN



Los motores a diésel suelen ser aún los más usados en los buses de todo el mundo, y el Perú no es la excepción.

Durante las últimas dos décadas, los límites de emisiones para buses y camiones en los principales mercados del mundo han requerido reducciones de 95% a 99% para las emisiones de óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).

En comparación con los límites de emisiones anteriores, incluidos los de Euro IV y V, actualmente aplicables en el Perú, el Euro VI logra una reducción del 90% al 98% en las emisiones de los vehículos a diésel. De hecho, con la llegada del Euro VI, los motores de gas natural, que durante mucho tiempo han brindado una opción significativamente más limpia, ya no ofrecen una ventaja tan significativa en comparación con la mejor tecnología disponible para el caso de motores a diésel. Ambas tecnologías podrían eliminar el impacto en la salud causado por la emisión de partículas finas.

Los límites de emisiones Euro VI logran casi cero emisiones de partículas y reducciones sustanciales en las emisiones de  $\text{NO}_x$ , al mismo tiempo que mejoran la economía de combustible y reducen el  $\text{CO}_2$ . Estos beneficios integrales se dan a través de un conjunto completo de cambios regulatorios, que incluyen límites de emisiones más bajos, un ciclo de prueba más representativo, límites a las emisiones fuera del ciclo, requisitos de durabilidad sustancialmente mayores y diversas medidas para garantizar el control de las emisiones.

En esta sección se analizarán las tecnologías disponibles para reducir las emisiones de los autobuses urbanos, incluidos los vehículos a diésel, a gas natural comprimido (GNC) y buses eléctricos de batería (BEB). Cada una de estas tecnologías puede reducir drásticamente las emisiones contaminantes de  $\text{NO}_x$  y PM, mientras que solo los vehículos híbridos y eléctricos con batería tienen el potencial de reducir sustancialmente las emisiones de  $\text{CO}_2$ .

## 3.1 Diésel

---

Los vehículos a diésel suelen reconocerse por las altas emisiones de óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), un precursor de la formación de partículas secundarias y ozono en la atmósfera y de material particulado (PM). El PM es el contaminante más peligroso para la salud humana, compuesto principalmente por carbono negro (CN), un contaminante climático de vida corta que ha cobrado relevancia en los últimos años. Y, por supuesto, incluso en su estado más limpio, la quema de combustible diésel es también una fuente importante de  $\text{CO}_2$ .

Sin embargo, los vehículos a diésel pueden lograr niveles de emisiones muy bajos con dos tecnologías de pos tratamiento: filtros de partículas diésel (DPF) y los sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR). Los DPF controlan de manera muy efectiva las emisiones de PM, incluida la masa y el número de partículas, así como las partículas ultra finas y CN, en una amplia gama de condiciones de operación. Los sistemas SCR, por su parte, pueden reducir las emisiones de  $\text{NO}_x$  de manera tan efectiva que mejora su eficiencia y permiten incluso reducir el consumo de combustible. El sistema SCR es capaz de controlar el exceso de emisiones de  $\text{NO}_x$  a fin de cumplir con los límites de emisión regulados.

Con la finalidad de asegurar la efectividad de los sistemas de control de emisiones de  $\text{NO}_x$ , se ha adicionado el sistema de recirculación de los gases de escape (EGR), tecnología que se incorpora al diseño del motor y que ofrece reducciones de  $\text{NO}_x$  más confiables.

### i. Las normas Euro y su implementación

A la fecha, el Perú ha adoptado los límites de emisión Euro IV para vehículos pesados que ingresan al parque automotor nacional, incluidos los buses (MINAM, 2017). La Tabla 4 proporciona algunos de los componentes reguladores de las normas Euro. Como se señala en los comentarios, las emisiones reales de los vehículos Euro III, IV y V tienden a ser menores a los límites establecidos, lo que resulta en reducciones

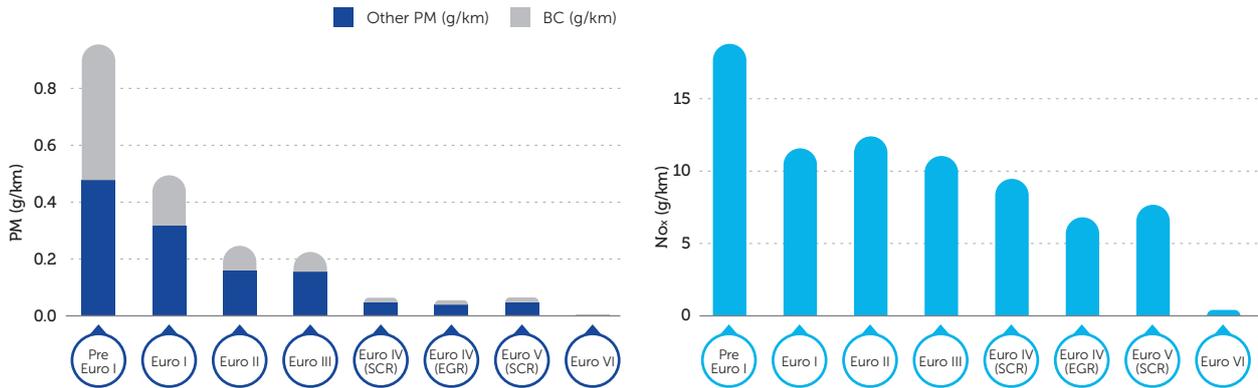
mucho mayores para los límites Euro VI. Asimismo, el parque automotor ha crecido en un 26,51% con respecto al año 2013 tal como se muestra en el Gráfico 1.

**TABLA 4**  
Los requisitos de Euro

	Euro III	Euro IV	Euro V	Euro VI	Comentarios
PM (g/kWh)	0,16 (0,1)	0,03 (0,02)	0,03 (0,02)	0,01	Aunque el límite de Euro VI exige una reducción de 67%, la reducción real es 90% para la masa de emisiones, 98% para el carbono negro, y 99% para el número de partículas.
Número de partículas (#/kWh)	--	--	--	6x10 <sup>11</sup>	El límite en número de partículas asegura el uso de un filtro de partículas. Aunque no se establecen límites en concentración de número de partículas en los límites previos, el Euro VI reduce el número de partículas en más de 99%.
NO <sub>x</sub> (g/kWh)	5,0	3,5	2,0	0,46 (.4)	Aunque el límite de Euro VI exige una reducción de 77% comparado a Euro V, la reducción real de NO <sub>x</sub> en Euro VI es 93-95%.
Ciclo de prueba	ESC (ETC)	ESC (ETC)	ESC (ETC)	WHSC (WHTC)	Los ciclos de Prueba Mundial Armonizados (estacionario y transitorio, WHTC y WHSC) son mucho más representativos de los usos de los vehículos, en especial de los usos urbanos, que los Ciclos Europeos (estacionario y transitorio, ESC y ETC). El cambio de ciclo de prueba es uno de los factores más importantes en la reducción de emisiones de NO <sub>x</sub> en el mundo real.
Vida útil	500 000 km / 7 años	500 000 km / 7 años	500 000 km / 7 años	700 000 km / 7 años	El Euro VI requiere más durabilidad de los sistemas de control de emisiones que los límites anteriores.
Azufre (ppm)	350	50	10	10	El diésel de 10 ppm de azufre es necesario para los vehículos más limpios de Euro VI.

El Gráfico 6 muestra los factores de emisión para un bus estándar del Manual de Factores de Emisión para Transporte por Carretera. Como se ve, prácticamente no hay diferencia en las emisiones de un vehículo Euro IV y uno Euro V. Ambos ofrecen la misma reducción en la masa de PM y CN, pero como no se usa un DPF, no capturan las partículas más pequeñas ni controlan la cantidad de partículas emitidas. Asimismo, ambos ofrecen un control similar y deficiente de las emisiones de NO<sub>x</sub>.

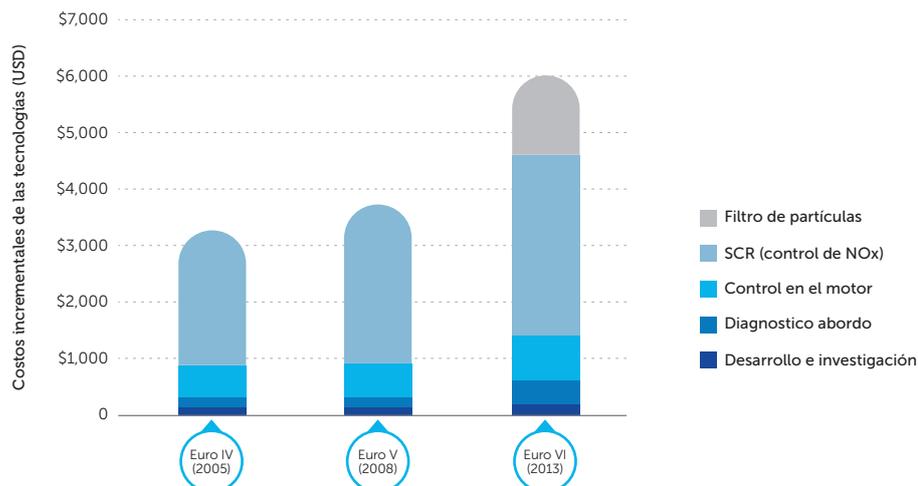
El vehículo mejorado para el medio ambiente, EEV por sus siglas en inglés, fue una certificación voluntaria adoptada en 2005, que ofrecía emisiones de hidrocarburos ligeramente más bajas que el Euro V, pero que mantenía los mismos límites para las demás emisiones. En ese sentido, la certificación EEV no produce un mejor rendimiento en ninguna medida.

**Gráfico 6****Factores de emisiones para un bus urbano por nivel de control de emisión y tecnología**

Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

Si bien los sistemas SCR permiten una mayor eficiencia del motor, en la práctica no mejora la economía de combustible respecto al Euro IV y V. Sin embargo, el motor Euro VI sí logra reducciones significativas en el consumo de combustible. De acuerdo con las pruebas realizadas por el Centro de Investigación Técnica VTT de Finlandia, en un ciclo típico de manejo, los buses Euro VI reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> entre un 5% y 7% (Nyland, 2016).

El Gráfico 7 muestra los costos incrementales, por encima de la tecnología Euro III, para un motor de 9 litros que se usaría en un bus de 12 metros. Esta evaluación supone el uso de un sistema SCR, en cuyo caso el mayor incremento en los costos se da en el Euro IV. Por su parte el EGR se utiliza para cumplir con todos los límites y el costo se incluye en el control del motor. En comparación SCR es la tecnología agregada más costosa, pues su costo es de 4 a 5 veces mayor que el del EGR y el doble del costo del DPF (Posada et al., 2017).

**Gráfico 7****Costos incrementales de tecnologías requeridos por Euro IV, Euro V, y Euro VI**

Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

Los buses con tecnología Euro IV o V no se encuentran equipados con DPF y el enfoque para el control de NO<sub>x</sub> es, incluso, de menor eficiencia y tecnología. En Europa, la mayoría de los modelos Euro IV y V emplean SCR para controlar los NO<sub>x</sub>. Desafortunadamente, a diferencia del Euro VI, el SCR utilizado en estos vehículos ha tenido escasos beneficios en la práctica. Incluso, en áreas urbanas, las emisiones de NO<sub>x</sub> de los vehículos Euro IV y Euro V pueden alcanzar niveles similares a los de los vehículos Euro III (Muncrief, 2015).

Como puede verse en el Gráfico 7, el Euro IV que emplea EGR para controlar las emisiones de  $\text{NO}_x$  tiene un mejor desempeño en la práctica que el sistema SCR, que es incluso más costoso.

Los sistemas de Euro IV y V y los vehículos con tecnologías anteriores pueden usar sistemas DPF y SCR mejorados para alcanzar niveles de emisiones similares a las del Euro VI. Si bien estos vehículos pueden no lograr algunos de los otros beneficios de mantenimiento y eficiencia de combustible de un nuevo vehículo Euro VI, pueden lograr las mismas reducciones drásticas en las emisiones.

Dado que las modificaciones se implementan de manera específica para cada vehículo, el costo requerido sería más alto que para los fabricantes de equipos originales. En ese sentido, los cambios de DPF pueden tener un costo incremental de US\$ 5000 por unidad vehicular, mientras que una modernización de SCR más DPF podría tener un costo unitario incremental de alrededor de US\$ 17 000 (ICCT, 2019).

## ii. Infraestructura para Euro VI diésel

Los cambios más significativos para pasar de una tecnología Euro IV diésel a Euro VI diésel ocurren en el vehículo como tal. Desde el punto de vista de la operación y mantenimiento del bus, la condición habilitante más importante es la necesidad de usar diésel con un contenido muy bajo de azufre, es decir con menos de 10 ppm ( $S < 10$  ppm). Actualmente, en el Perú la calidad del diésel contempla un contenido de azufre máximo de 50 ppm ( $S < 50$  ppm). El segundo cambio es la adopción de filtros de partículas diésel (DPF, por sus siglas en inglés). Otros cambios menores se refieren al tipo de lubricantes y el consumo de urea para el sistema SCR.

El cambio en la calidad de combustible, de  $S < 50$  ppm a  $S < 10$  ppm, no requiere modificar los tanques de almacenamiento en los patios del operador. El diésel  $S < 10$  ppm puede ser usado por la flota actual, además, provee un beneficio ambiental pues reduce las emisiones de material particulado de los vehículos sin DPF. Esta transición, entonces, representa cero costos con respecto a infraestructura de tanques de almacenamiento de combustible. Es importante resaltar que la diferencia de precios entre el combustible diésel Euro IV ( $S < 50$  ppm) y el diésel Euro VI ( $S < 10$  ppm) no está incluida en los costos de infraestructura, sino en los operativos.

Los vehículos diésel Euro VI son producidos con DPF a fin de cumplir con las normas de emisiones de partículas. Esta característica representa una reducción de más del 98% con respecto a las partículas emitidas por buses diésel Euro IV.

El filtro de partículas, como su nombre lo indica, retiene las partículas emitidas durante el proceso de combustión del diésel en el motor, para ser poscombustionadas a fin de reducir la emisión de partículas y a la vez lograr la regeneración del DPF. El filtro está localizado en el tubo de escape del motor, y atrapa las partículas durante la operación del vehículo. El DPF atrapa dos tipos de partículas: unas de origen orgánico, por ejemplo, carbono, que pueden ser eliminadas por la alta temperatura producida durante los ciclos de operación normal del vehículo. Otras partículas inorgánicas son conocidas como cenizas y pueden estar compuestas de lubricantes parcialmente quemados. Estas cenizas se depositan en los poros del DPF y reducen el área disponible para hacer el filtrado. Los vehículos diésel Euro VI requieren, entonces, de estaciones de limpieza de DPF.

**Estaciones de limpieza de filtros de partículas para vehículos diésel. Se requiere realizar la limpieza cada 150 000 a 300 000 km.**



Fuente: [www.flashcleanermachine.com](http://www.flashcleanermachine.com) y [www.truckinginfo.com](http://www.truckinginfo.com)

## 3.2 Gas Natural Comprimido



Los buses han sido, durante mucho tiempo, un mercado clave para la venta y adquisición de vehículos de gas natural, debido a las preocupaciones por la contaminación local del aire y a la necesidad de reabastecimiento de combustible centralizado. Por un largo tiempo, el GNC ofreció una opción sustancialmente más limpia que el diésel, en especial cuando el diésel con menos azufre no estaba disponible.

En cuanto a emisiones, el GNC produce menos PM, pero los niveles no son tan bajos como los que se puede lograr con un DPF. En el caso de las emisiones de  $\text{NO}_x$ , HC y CO, estas se pueden controlar por partir del catalizador de tres vías presente en los motores modernos de GNC; sin embargo, el nivel de control dependerá del estándar de emisión. Afortunadamente, son pocas las barreras para la adopción del Euro VI para los vehículos con GNC: los costos incrementales del Euro VI son bajos en comparación con el Euro IV y no se requieren cambios en la calidad del combustible.

El GNC, que consiste principalmente en metano, contiene aproximadamente un 25% menos de carbono que el diésel, por lo que produce menos emisiones de  $\text{CO}_2$ . Sin embargo, como el metano es uno de los principales gases de efecto invernadero, solo una pequeña fuga del gas de la cadena de suministro bastaría para que las emisiones de los vehículos puedan superar esa ventaja.

Al estimar tasas de fuga de 1,1%, el GNC continúa ofreciendo una pequeña reducción (4-5%) en las emisiones de  $\text{CO}_2$  en función de la energía, (ICCT, 2019).

Sin embargo, al tomar en cuenta la eficiencia de combustible de los motores, el GNC parece tener una pequeña desventaja en comparación con el diésel. Al usar un potencial de calentamiento global (GWP) de 20 años para el metano, la desventaja para el GNC se vuelve sustancial, con un 30% más de emisiones de GEI (ICCT, 2019).

En muchos casos, los buses a GNC se han comercializado como una opción más económica. A pesar de que el precio inicial del autobús es mayor, los costos de combustible local (operativos) pueden ser mucho más bajos. Para el mantenimiento, las estimaciones de los costos varían. Sin embargo, los nuevos motores de GNC parecen ser mucho más confiables y económicos que las primeras versiones. Especialmente, cuando no están disponibles los vehículos a diésel con muy bajas concentraciones de azufre y Euro VI, el GNC puede ser parte de una estrategia para enfrentar la contaminación local del aire.

Los vehículos Euro VI, tanto a GNC como a diésel, son opciones para reducir la contaminación local del aire, incluidas las emisiones de CN. Empero, ninguna de las opciones de combustibles fósiles ofrece beneficios tan sustanciales para la mitigación de los GEI. Para lograr esto, los autobuses necesitan principalmente ser eléctricos.

## 3.3

### Bus eléctrico de batería (BEB)

---

Los Buses Eléctricos de Batería (BEB) son una de las mejores opciones desde una perspectiva ambiental, pues no producen emisiones de contaminantes locales, incluido el carbón negro. De esta manera, contribuyen a la reducción de los impactos en la calidad del aire, a la mitigación del cambio climático y a la mejora de la salud de la población y usuarios. Los BEB son, además, silenciosos, lo que reduce la contaminación sonora de las ciudades.

Con la red eléctrica actual del Perú, las emisiones de CO<sub>2</sub> ya son muy bajas y podrían disminuir a lo largo de la vida útil del vehículo si la red eléctrica mejora aún más en el tiempo.

Si bien los costos de adquisición de buses eléctricos son altos, sus costos de operación son significativamente más bajos que los buses a diésel o a GNC. El motor eléctrico alimentado por una batería es mucho más simple y requiere mucho menos mantenimiento que un motor diésel o GNC. Asimismo, es mucho más eficiente, pues reduce la cantidad de energía necesaria para hacer funcionar el autobús en un 70% a 80% en comparación con el diésel. Finalmente, el costo de la electricidad es más bajo que el diésel (aunque no necesariamente más bajo que el GNC).

Los buses eléctricos están ganando cada vez más espacio en las flotas de todo el mundo. Sin embargo, aún existen muchas barreras para su adopción como los costos de adquisición más altos, la planificación de rutas más complejas y la elección de un sistema de carga. Para superar estas dificultades, las ciudades podrían agregar un número menor de buses eléctricos a sus flotas (de 10 a 100 buses eléctricos, según el tamaño de la flota) con el fin de comprender y adaptarse a las diferentes operaciones. **De ser posible, los planes de infraestructura de carga deben diseñarse para ser escalables y ajustarse a una creciente flota de vehículos eléctricos.**

Para la planificación de rutas, es importante tener en cuenta el cambio de elevación y la longitud de la ruta, así como la demanda de calefacción y enfriamiento, lo que puede reducir considerablemente el alcance del vehículo. Con estos detalles, el modelo de simulación puede determinar el rango esperado de los buses en consideración y puede ayudar a los proveedores de buses a determinar el tamaño de la batería necesaria. Si los nuevos buses eléctricos no tienen un alcance suficiente para cubrir la ruta diaria completa, se necesitará un mayor número de ellos, lo que podría aumentar los costos de adquisición.

Los buses totalmente eléctricos pueden cargarse durante la noche, utilizando sistemas de carga de patio o de carga durante la ruta, procurando que en ambos casos sean sistemas de carga rápida. Para determinar cuál es la mejor estrategia, es importante considerar tanto la infraestructura como los costos de inversión y las tarifas de electricidad:

- **Costos de inversión.** Para realizar la carga de patio, se requiere que el autobús cuente con una batería más grande para que pueda cubrir la ruta completa del día; sin embargo, la infraestructura de carga es menos costosa. Por su parte, la carga en ruta permite que el bus tenga una batería más pequeña, pero la infraestructura es mucho más costosa.
- **Tarifas de electricidad.** Las tarifas generalmente incluyen tanto los cargos de uso como los cargos de demanda, los cuales se ven afectados por la hora del día, siendo las nocturnas las tarifas más bajas.

La infraestructura de carga rápida utilizada para cargar a lo largo de la ruta está diseñada para proveer una gran cantidad de electricidad, actualmente 500kW (Proterra, 2019). No obstante, si la carga es menor, se reducirá el cargo por demanda.

La carga de patio ofrece menos carga (60 kW o 125 kW) a través de un enchufe, situación que cambia si se instalan cargadores para conectar varios buses a la vez, pudiendo resultar en una mayor demanda general. Sin embargo, las cargas de patio generalmente se realizan en la noche, lo que puede reducir los costos de uso y demanda.

Es importante trabajar con las empresas de servicios públicos de electricidad para comprender claramente las tarifas y elaborar un plan para este nuevo sistema (Silver, 2017). Las empresas eléctricas generalmente están ansiosas por obtener nuevas fuentes de ingresos y están abiertas a ajustar la estructura de tarifas

para trabajar con estas nuevas flotas. En ese sentido, una alianza con ellas para determinar un programa de administración de cargos puede restringir los cargos de electricidad.

En cuanto a la carga de patio, esta se puede realizar conectando y desconectando los buses manualmente o utilizando un software de carga inteligente para controlar y nivelar la carga durante un periodo de tiempo más prolongado. Para la oportunidad de la carga, la ubicación de los cargadores se puede configurar de manera que la carga programada para horas pico y el tiempo de carga se pueda restringir para reducir los cargos por demanda. Algunas infraestructuras incluyen condensadores para reducir la demanda en la red y al mismo tiempo mantener los beneficios de la carga rápida (Silver, 2017).

Agregar potencialmente el almacenamiento de energía solar al sistema de carga de patio, también puede reducir significativamente los costos de energía y tener un tiempo de recuperación razonable. Trabajar con el servicio público antes de tiempo para comprender las tarifas de electricidad puede afectar la decisión sobre el estilo de carga.

### **i. Infraestructura para buses eléctricos**

La transición a buses eléctricos requiere de infraestructuras que se definen por el tipo de tecnología para la recarga del bus. Hay dos tipos principales, uno de recarga en patios y otro de recarga de oportunidad. Los buses con baterías de mayor capacidad son diseñados para recarga en patios, la cual puede ser tres tipos:

- Carga lenta (15-22kW): 10 horas.
- Carga rápida (22-50kW): 4-6 horas.
- Carga rápida (50-120kW): 2-4 horas.

Por otro lado, la recarga de oportunidad requiere suficiente potencial disponible para realizar la recarga en aproximadamente 10 minutos y cargadores de 300-500 kW en las rutas de los buses. Estos buses usan baterías más pequeñas que los buses de recarga en patios.

Las ilustraciones 4 y 5 presentan ejemplos de buses de batería por carga en patio y carga de oportunidad.

#### **Bus de batería de carga en patio (foto superior) y recarga de oportunidad (foto inferior).**



Fuentes: <https://www.edda-bus.de/en.html>

En general, los buses de batería requieren subestaciones para el manejo de la carga eléctrica, estaciones de carga y un generador de emergencia. La complejidad y los costos de instalación dependen de las condiciones de la conexión actual a la red, el estado de los patios/estaciones y la ubicación. Es preciso resaltar que algunos fabricantes de vehículos eléctricos proveen estaciones de carga como parte del costo de los buses.

Una recomendación del ICCT es asegurar la compra de buses de diferentes marcas que puedan compartir el mismo sistema de carga. En la misma línea, en mayo del 2017, la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA) —conformada por Daimler, Iveco, MAN, Scania y Volvo— emitió varias sugerencias para respaldar la interoperabilidad de las tecnologías de carga a través de los fabricantes.

Para la carga de depósitos, la ACEA recomienda el uso de dispositivos CCS Combo 2 y para la recarga de oportunidad, “rieles de contacto en el techo del vehículo sobre el frente eje; un pantógrafo bajando de un mástil de carga por encima de la cabeza; y un protocolo de *wifi* para comunicación entre vehículo y mástil de carga” (ACEA, 2017).

Los buses de batería diseñados para carga en patio tienen baterías más grandes y pesadas que demoran más tiempo de recarga, pero pueden conducir distancias más largas entre cargas. Por otro lado, los buses de carga de oportunidad son más ligeros y requieren menos tiempo detenidos por recarga, pero la distancia recorrida es proporcionalmente menor al tamaño de la batería, lo que incrementa las detenciones para recarga.

La recarga en patio es más barata en cuanto a infraestructura, y da flexibilidad para coordinar la ruta con el tipo de bus. La carga de oportunidad, por su parte, requiere mejor planeación para el desarrollo de infraestructura, además de coordinación con empresas de electricidad y administradores del espacio público. La tabla 5 presenta un resumen de las características generales de ambos tipos de sistemas.

**TABLA 5**  
Comparación de infraestructura para buses eléctricos de carga en patio o de oportunidad

Característica	Carga en patio	Carga de oportunidad
Tamaño batería en bus	230-340 kWh	70-80 kWh
Tipo de cargador	40-120 kW	Pantógrafo 350-500 kW
Tiempo de recarga	3-6 hrs.	5-10 min.
Rango de operación	150-320 km	80-90 km
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo costo electricidad durante la noche</li> <li>Flexibilidad de ruta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor tiempo de operación</li> <li>Menor tamaño de batería</li> <li>Distribuye la carga en la red</li> </ul>
Contras	<ul style="list-style-type: none"> <li>Horas fuera de servicio durante recarga</li> <li>Peso de batería</li> <li>Espacio en patio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto costo de infraestructura</li> <li>Requiere cambio en horario de rutas</li> <li>Sistema de recarga especial</li> </ul>

Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

## 3.4 Híbridos

Los vehículos híbridos a diésel ofrecen una solución para lograr reducciones sustanciales en las emisiones de CO<sub>2</sub> en aproximadamente un 20%, sin requerir cambios significativos en sus operaciones o prácticas de mantenimiento. Es importante mencionar que los vehículos híbridos requieren tecnologías de postratamiento avanzadas, incluyendo DPF y SCR, para lograr emisiones de muy bajas. Un vehículo híbrido Euro IV o Euro V tendrá emisiones consistentes con los estándares Euro IV / V y no proporcionará beneficios sustanciales en términos de emisiones.

Si bien los vehículos híbridos tradicionales no requieren de infraestructura o, estrictamente, ningún cambio operacional específico, la optimización de los beneficios de ahorro de combustible puede requerir cierto ensayo y error con las rutas y los estilos de conducción. Los vehículos híbridos eléctricos pueden aprovechar la oportunidad de carga a lo largo de la ruta del bus para aumentar significativamente el rango completamente eléctrico y aumentar la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El costo de un vehículo híbrido incluye necesariamente el sistema de propulsión a diésel y el sistema de postratamiento, y no necesariamente disminuye con los costos de la batería. De hecho, en un futuro cercano, se prevé que los buses eléctricos tendrán un costo inicial equivalente o más bajo que los híbridos (ICCT, 2019).

## 3.5 Comparación de tecnologías

Existen diversas tecnologías para reducir los impactos de la contaminación del aire producida por los autobuses. En la Tabla 6 se puede observar que los motores diésel con filtro de partículas y los vehículos Euro VI, tanto diésel como GNC, reducirán el PM, así como las emisiones de CN. En el caso del Euro VI reducirá, también, las emisiones de NO<sub>x</sub>. Por su parte, el diésel Euro VI ofrece una reducción de aproximadamente 5% en las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de combustible, mientras que los híbridos y los vehículos completamente eléctricos ofrecen reducciones mucho más significativas.

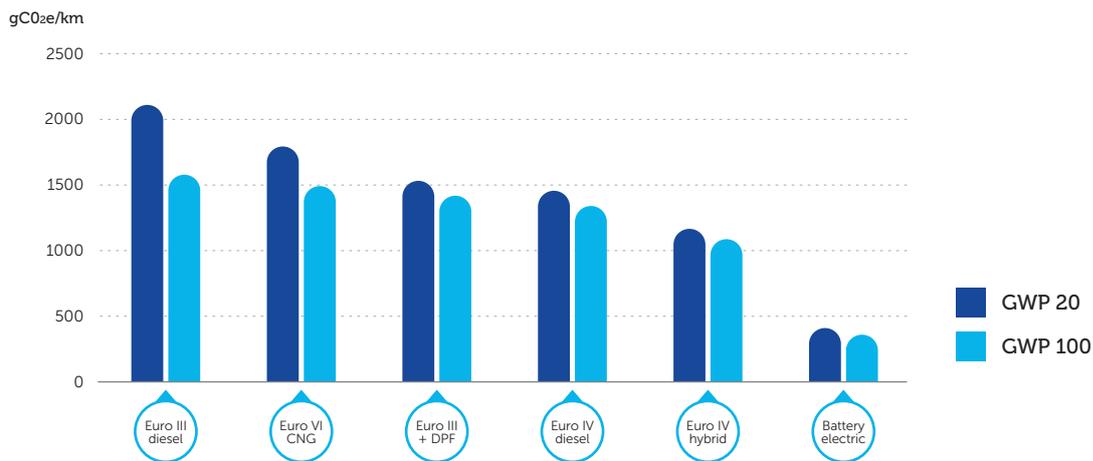
**TABLA 6**  
Impactos de emisiones de tecnologías vehiculares

Tecnología	Requisitos	Carga de oportunidad		Impacto en CO <sub>2</sub> (estimado)
		CN	NO <sub>x</sub>	
GNC	Infraestructura de abastecimiento y reabastecimiento de GN	98%	94%	No hay cambio (Reducción de 88-95% con biogás)
Diésel	Instalación del filtro (retrofit o del fabricante original del equipo)	97%	0%	Es posible un ligero aumento.
Diésel	Euro VI, 10 ppm azufre de diésel	98%	94%	Reducción de 5% o más
Híbrido	Euro VI, 10 ppm azufre de diésel	98%	94%	Reducción de aproximadamente 20%
BEB	Infraestructura de recarga	100%	100%	Reducción de 70%

Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

Si bien todas las tecnologías ofrecen algún beneficio sobre el Euro III o un vehículo más antiguo, el análisis sugiere que los motores diésel con un DPF tienen un impacto mayor en la mitigación de GEI que los buses a GNC. Los motores diésel Euro VI, por otro lado, ofrecen aún más beneficios debido al ahorro de combustible adicional, mientras que los híbridos y los vehículos eléctricos ofrecen ahorros sustancialmente más grandes. En esa misma línea, el Gráfico 8 muestra una proyección de emisiones de CO<sub>2</sub>, incluidos el metano y carbono negro, para las diferentes tecnologías de autobuses.

**Gráfico 8**  
Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en un periodo de 20 años y 100 años para diferentes tecnologías de buses



Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

### 3.6 Impacto de las tecnologías limpias en la mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y PM

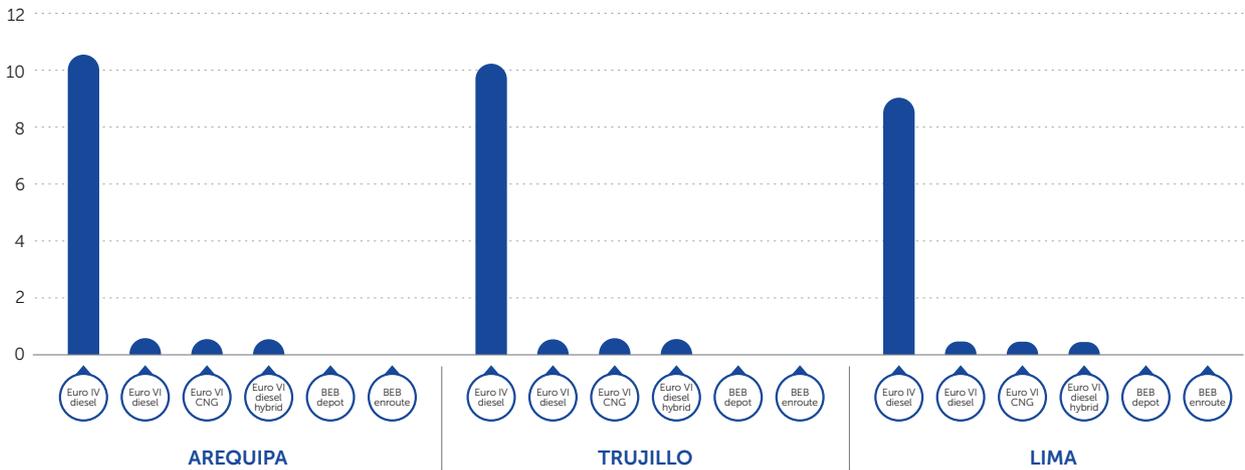
Las tecnologías mejoradas para buses no solo tienden a reducir los costos de propiedad, sino que también benefician a la sociedad debido a las menores emisiones y, por lo tanto, la reducción de los daños al clima y la salud de las personas.

Los Gráficos 9 y 10 indican la importancia de cambiar a buses Euro VI lo más rápido posible, pues muestran una reducción de 90% a 99% en las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM. Los BEB, por su parte, tienen una reducción del 100% por lo que deben recibir los mismos o mayores incentivos. La reducción de la contaminación varía en función de las condiciones de la carretera y del tráfico, y los gráficos 10 y 11 muestran un caso promedio.

El impacto ambiental de las emisiones de NO<sub>x</sub> es incierto, pero sus impactos en la salud se han cuantificado en alrededor de US\$ 10 000 por tonelada (ICCT, 2019). Asimismo, se ha estimado que el PM tiene impactos en el clima y la salud equivalentes a US\$ 1 000 000 por tonelada (ICCT, 2019).

**Gráfico 9**

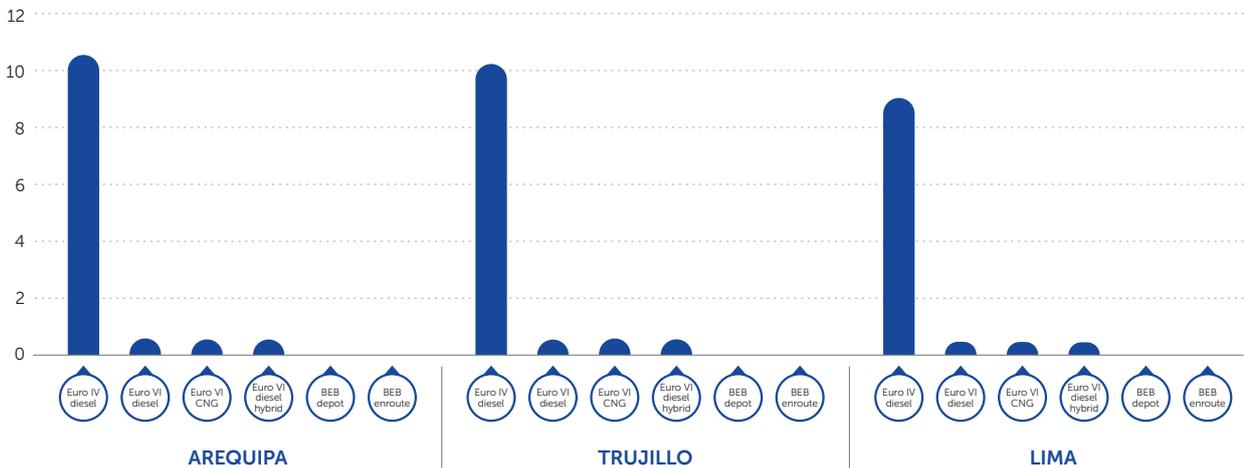
15 años de emisiones estimadas de NO<sub>x</sub> de un autobús de 12 m



Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

**Gráfico 10**

15 años acumulados de emisiones estimadas de PM de un autobús de 12 m

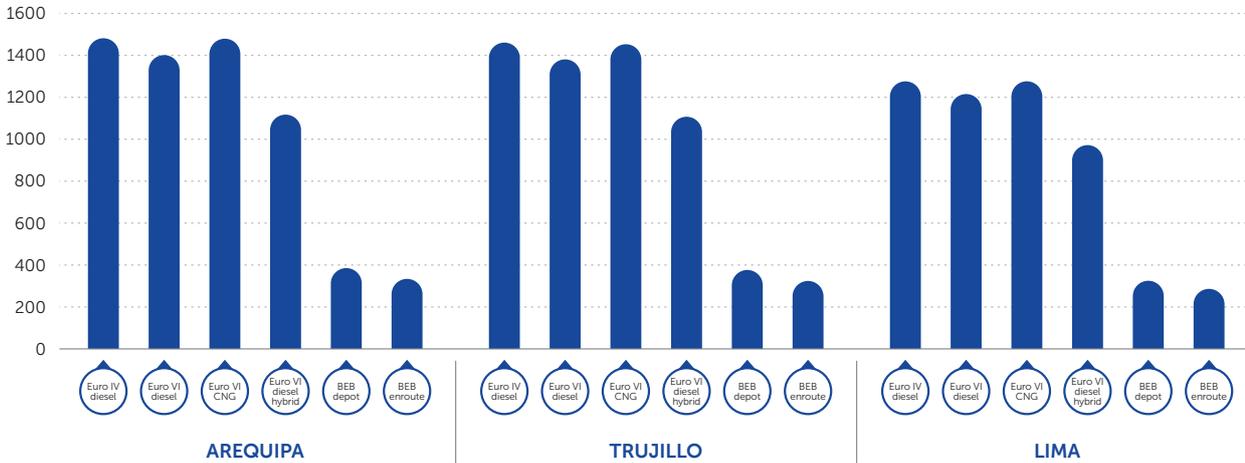


Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

El Gráfico 11 muestra que las emisiones de CO<sub>2</sub> disminuyen de manera diferente, dependiendo del tipo de autobús y su tecnología, con los buses eléctricos generando las emisiones más bajas. Si la red eléctrica continúa mejorando hacia un 80% proveniente de fuentes renovables, las emisiones de los BEB podrían disminuir 12,5% más.

**Gráfico 11**

**15 años acumulados de emisiones estimadas de CO<sub>2</sub> de un autobús de 12 m**

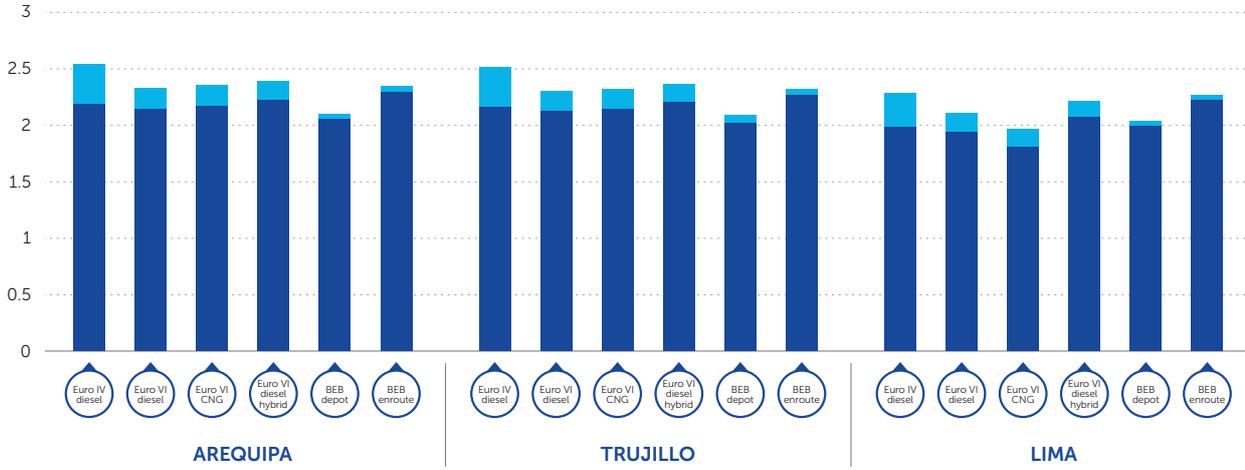


Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> constituyen el beneficio social más grande, con costos de US\$ 120 a US\$ 300 por tonelada (Shindell, 2013, Miller et al., 2017). El Gráfico 12 muestra los costos sociales y los costos totales de propiedad. Cuando los costos sociales se consideran dentro de los costos totales, un bus Euro VI representa una mejor opción frente a un bus Euro IV o Euro III, mientras que un bus de batería eléctrica con carga en patio se convierte en la opción tecnológica menos costosa para todos los tamaños de autobuses (se muestran autobuses de 12 metros como ejemplo).

**Gráfico 12**

**Suma de 15 años de costos estimados privados y sociales de 12 millones de buses**



Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).



883

OK  
PS

OK  
PS

# 4 COSTOS Y OPCIONES DE FINANCIAMIENTO



En esta sección se presentan los componentes de los costos de los vehículos. Se estima el costo total de propiedad (TCO) o costo de vida útil y se determina qué opción tecnológica es la mejor para cada tipo de autobús. El TCO es la suma de los costos de adquisición, operación, mantenimiento e infraestructura de recarga (combustible o carga eléctrica) de cada vehículo, durante un periodo de 15 años. La Tabla 7 resume cada componente del análisis de TCO considerado aquí. Las siguientes secciones proporcionan más detalles sobre los supuestos de gastos.

**TABLA 7**  
**Componentes del costo total de propiedad**

Categoría	Componente	Definición
Compra de buses e infraestructura	Pago inicial	Desembolso inicial de efectivo para la compra de autobuses o infraestructura. Se asume que el resto está cubierto por un préstamo. Se asume entre un 10-20% del precio del vehículo nuevo.
	Pagos de préstamos	Pago principal y de intereses del préstamo durante un periodo especificado.
	Valor de reventa	Si la duración de la operación planeada es menor a la vida útil del vehículo se genera un flujo de caja positivo, no considerado en este análisis.
Operación y mantenimiento	Abastecimiento de combustible	El coste anual para aprovisionar el vehículo de combustible, determinado por la eficiencia del vehículo, la distancia recorrida, y el precio del combustible.
	Otros operativos	Incluye el costo de la urea para buses diésel con sistema de reducción catalítica selectiva.
	Mantenimiento de buses	Costo del mantenimiento regular del bus, incluye llantas, partes, lubricantes, etc. Excluye costos de personal.
	Mantenimiento de infraestructura	Cuando no esté incluido en el precio del combustible al por menor, se incluye en el costo del mantenimiento y las operaciones de infraestructura.
	Reacondicionamiento de autobuses	Para las compras de autobuses, que no incluyen una garantía para la vida útil del vehículo, una revisión de mediana duración incluiría el costo del reemplazo de la batería para autobuses eléctricos y la revisión del motor para otros buses.

Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019)

Es importante destacar que este análisis de costo-beneficio es para el reemplazo de un autobús por otro, es decir de uno a uno, y no considera la variabilidad en la flota total. Debido a las diferentes distancias recorridas por los vehículos, la longitud y velocidad de las rutas, las condiciones del tráfico, el número de pasajeros y la infraestructura necesaria en la ciudad, se necesita más investigación para determinar, de manera óptima, la mejor opción para cada ciudad. Sin embargo, el TCO de un solo bus proporciona un punto de partida útil desde el cual se puede ampliar el análisis a toda la flota.

## 4.1

### Costos de adquisición

#### i. Costos de capital

La compra inicial del vehículo es el mayor desembolso de capital para todos los tipos de buses. Los precios de adquisición varían significativamente dependiendo de la tecnología y el tamaño del vehículo, por lo que las autoridades reguladoras pueden ofrecer incentivos para promover que los compradores elijan la tecnología más apropiada para alcanzar los objetivos climáticos y mitigar la contaminación.

La Tabla 8 muestra los precios de compra de los autobuses analizados en este documento. Para el caso del GNC, se presentan estimaciones de costos para autobuses de 12 m y 18 m y, para el diésel, autobuses y microbuses de 9 m. Los otros valores fueron determinados utilizando estimaciones previas del ICCT (Dallmann), ajustadas a los cuatro costos específicos conocidos. Con estos ajustes, los costos son, generalmente, un 10 a 20% más altos que las estimaciones para otras ciudades (Dallmann). Por lo tanto, los costos en la Tabla 8 son conservadores y podrían ser incluso más bajos.

**TABLA 8**  
Precios estimados de compra de buses (en soles)

Tecnología	Microbús	9m	12m	18m	Supuestos, Fuente
Euro III / IV Diésel	166 667(A)	266 141(B)	532 281(C)	934 109 (C)	(A) US\$ 50 000, correo electrónico personal (B) US\$ 80 000, correo electrónico personal (C) -16% relativo a CNG, correo electrónico personal
Euro VI diésel	170 000	271 463	542 927	952 792	+ 2% en relación a Euro III / IV, Posada et al. 2016
Euro VI CNG	193 333	308 723	617 446	1 083 567	+ 16% en relación a Euro III / IV, correo electrónico personal
Híbrido diésel	250 000	399 211	798 422	1 401 164	+ 50% en relación con Euro III / IV, Dallmann
BEB, carga de depósitos	291 667	465 746	931 492	1 634 692	+ 75% en relación con Euro III / IV, Dallmann
BEB, carga de ruta	291 667	465 746	931 492	1 634 692	+ 75% en relación a Euro III / IV, Dallmann

Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

Dado que Lima y Callao ya cuentan con una infraestructura de reabastecimiento de combustible diésel y una red de GNC, los costos asociados a infraestructuras adicionales para estas tecnologías serán mínimos. Por su parte, la infraestructura de carga eléctrica variaría de S/ 166 667 a S/ 333 333 por bus, dependiendo de la ubicación de carga. Estos datos se resumen en la Tabla 9.

**TABLA 9**

**Costos estimados de adquisición de infraestructura (en soles)**

Tecnología	Arequipa	Lima	Trujillo	Supuestos, Fuente
Diésel	0	0	0	Red diésel ya establecida.
GNC	113 333	0	113 333	Sin costo para la red establecida de GNC o US\$ 6m para 175 autobuses, junio del 2017 Reunión de grupo de trabajo de ARB ICT
Electricidad, depósito	166 667	166 667	166 667	US\$ 50 000 por punto de recarga, junio del 2017 Reunión del grupo de trabajo ARB ICT
Electricidad, en ruta	333 333	333 333	333 333	Se requieren dos puntos de cargo, reunión de grupo de trabajo de ARB ICT en junio del 2017

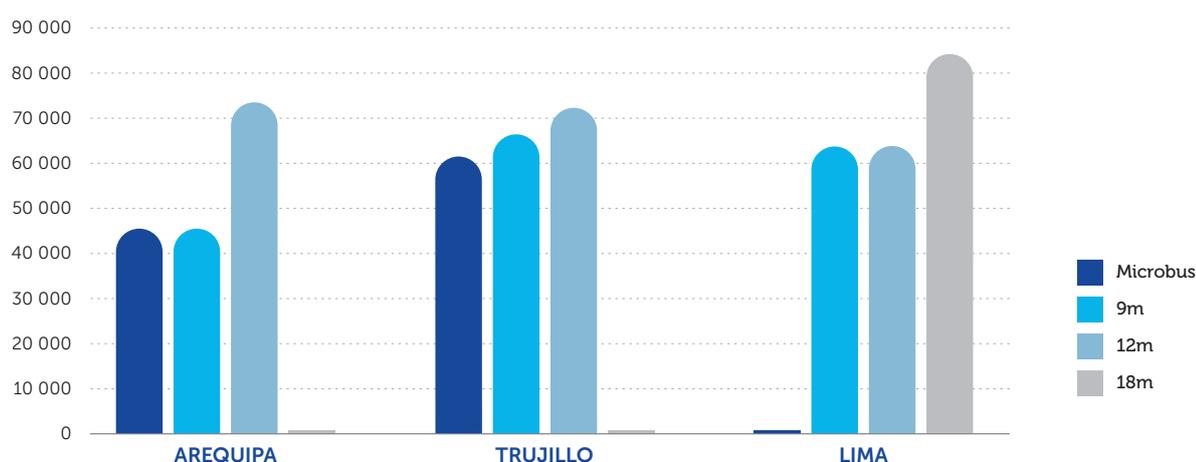
Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

## ii. Costos de operación

La variabilidad principal en el costo de operación proviene principalmente de la diferencia en los kilómetros recorridos por vehículo (VKT) por autobús. El Gráfico 13 muestra los kilómetros anuales recorridos por tipo de vehículo, donde los autobuses que no son parte de la flota están representados por una columna de altura cero.

**Gráfico 13**

**Comparación de los kilómetros recorridos anualmente por tipo de autobús**



Fuente: SIT Arequipa— Anexo 1; SIT; Trujillo— Resultados SITT 2017; Lima: rutas totales y flota y comunicación por correo electrónico (GTU, 2017; Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017; Municipalidad Provincial de Trujillo, 2017; W. Zelada Cubas, Comunicación personal, marzo del 2019).

Los recorridos para los autobuses de 9 y 12 metros se estimaron a partir del tamaño de la flota y el total anual de VKT, mientras que el kilometraje promedio de los buses de 18 metros se calculó a partir de correspondencia personal con personal encargado del Metropolitano. Como dato adicional, la velocidad promedio de los buses varía entre los 15 y 22 km/h, pero no se dispone de datos suficientes para considerar adecuadamente las diferencias en la velocidad y los efectos sobre los factores de emisión de NO<sub>x</sub> y materia particulada (PM).

Los otros costos operativos varían únicamente según el tamaño del autobús y la tecnología. Sin embargo, los datos para los autobuses diésel Euro III y IV provienen del consumo promedio de combustible de la flota en la ciudad.

Los datos sobre la eficiencia de los nuevos autobuses de GNC fueron proporcionados por MINEM y Protransporte. Si bien hubo una cierta variación entre los valores individuales para la eficiencia de GNC y diésel, para este análisis, se seleccionaron los mejores valores como representativos para determinar su eficiencia a corto plazo. Cabe resaltar que los datos proporcionados no incluyen información sobre el uso del aire acondicionado en los buses y su impacto en la eficiencia. En general, el aire acondicionado pudiera aumentar el consumo de energía entre un 10% y 20%, sin embargo, en el caso de Lima-Callao su utilización es incipiente.

**TABLA 10**

**Eficacia del bus (kWh/km) por tecnología y tamaño. Excluye el impacto del aire acondicionado**

Tecnología	Microbús	9m	12m	18m	Supuestos, fuente
Euro III / IV diésel	2,1	2,6	4,2	7,3	Reportado por Lima Metropolitana (GTU, 2017)
Euro VI diésel	2,0	2,5	4,0	6,9	-5% en relación con el diésel Euro III / IV, Dallmann <i>et al</i>
Euro VI CNG	4,3	5,4	5,7	7,6	Comunicación personal con Protransporte y MINEM. (W. Zelada Cubas, Comunicación personal, marzo del 2019)
Híbrido diésel	1,6	2,0	3,2	5,6	-20% en relación con el diésel Euro VI, Dallmann <i>et al</i>
BEB, carga de depósitos	0,6	0,8	1,2	2,1	-70% respecto al diésel Euro VI, Dallmann <i>et al</i>
BEB, carga de ruta	0,5	0,7	1,1	1,9	-78% en relación al Euro VI diésel, Dallmann <i>et al</i>

Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

Los precios de los combustibles se obtuvieron de varias fuentes, enumeradas en la Tabla 11. Excepto por el diésel, los precios del combustible/energía varían según la ciudad.

**TABLA 11**  
Precios del combustible

Combustible	Coste del combustible (Sol / kWh)	Supuestos, fuente
Diésel	0,33	S / 3,27 / litro, <a href="https://www.globalpetrolprices.com/diesel_prices/">https://www.globalpetrolprices.com/diesel_prices/</a> (consultado en marzo del 2019)
GNC	0,14 - 0,18	S / 1,3 / m <sup>3</sup> en Lima, S / 1,75 / m <sup>3</sup> en otros lugares, <a href="http://www.facilito.gob.pe/facilito/pages/facilito/buscadorGNV.jsp">http://www.facilito.gob.pe/facilito/pages/facilito/buscadorGNV.jsp</a> (consultado en marzo del 2019)
Electricidad	0,21 - 0,23	Varía según la ciudad, los precios de la electricidad de Osinergmin (consultado en marzo del 2019)

Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

Los costos de mantenimiento del vehículo, que se muestran en la Tabla 12, varían según la tecnología y el tamaño del bus. En general, los buses más grandes incurren en mayores costos de mantenimiento (por kilómetro).

El mantenimiento de la infraestructura, generalmente, es un valor fijo que varía solo para los buses eléctricos basados en su kilometraje recorrido. Se asume, en este cálculo, que la conversión de motores a diésel o GNV, o el reemplazo de la batería (en buses eléctricos) se produce en el sexto año de propiedad.

Para los buses pequeños, se estima que los costos de reacondicionamiento del motor son de S/ 14 000, según la comunicación por correo electrónico con GIZ. Este costo aumenta para buses más grandes según el precio de compra inicial. En el caso de los buses eléctricos con batería, esta se reemplazará al 10% del precio de compra inicial del bus, a menos que esté cubierta por la garantía, en cuyo caso el reemplazo no tiene costo (reunión de junio del 2017 del grupo de trabajo ARB ICT).



**TABLA 12**

Costos estimados de mantenimiento (en soles)

Tecnología	Fluido de escape diésel (Sol/km)	Mantenimiento de vehículos (Sol/km)	Revisión o reemplazo de la batería (Sol)	Mantenimiento de infraestructura (Sol/km)
Euro III / IV diésel	0	0,42 - 1,4	14 000 - 49 138	0,018
Euro VI diésel	0,03 - 0,09	0,42 - 1,4	14 000 - 49 138	0,018
Euro VI CNG	0	0,28 - 1,3	14 000 - 49 138	0,240
Híbrido diésel	0,03 - 0,07	0,36 - 1,2	14 000 - 49 138	0,018
BEB, carga de depósitos	0	0,32 - 1,1	29 167 - 163 469	0,020 - 0,027
BEB, carga de ruta	0	0,32 - 1,1	29 167 - 163 469	0,087 - 0,12
Suposiciones, fuentes	El precio del DEF equivale al 80% del precio del diésel, consumido al 5% del consumo de combustible.	S/ 1,4 / km para 18 m, reportado en comunicación de correo electrónico escalada para diferentes tamaños de bus. Los híbridos tienen costos 14% más bajos. Los costos de GNC son el 91% de los costos de diésel, según los costos reportados que comparan los autobuses de GNC / diésel en Colombia. WMATA (Washington, DC, EE. UU.) Informa que los costos de GNC -5.7% vs. diésel (estudio DOT). Los BEB tienen costos un 24% más bajos.	S/ 14 000 para microbuses de 9 m, reportado en comunicación de correo electrónico. La suma se escaló para buses más grandes, considerando la revisión en el año seis (6) de propiedad. El reemplazo de la batería cuesta el 10% del precio de compra, a menos que esté cubierto por la garantía, en cuyo caso no tendría costo.	Reunión de grupo de trabajo de ARB ICT en junio del 2017.

Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

Finalmente, en la Tabla 13 se indican los otros parámetros usados para modificar los costos nominales según la inflación, el descuento y los términos del préstamo.

**TABLA 13**  
Otros parámetros

Parámetro	Vehículo	Infraestructura
Periodo de propiedad	15 años*	60 años
Tasa de descuento		7%
Índice de depreciación	8%	100%
Inflación	3,4%	
Préstamo	Sí	Sí, solo BEB
Plazo del préstamo	5 años	5 años
Pago inicial	50%	50%
Tasa de interés real	12%	12%
Licencias y registro		No considerado
Seguro		No considerado
Gastos de personal		No considerado
Costes administrativos		No considerado
Otros cargos		No considerado

\*Las concesiones tienen un periodo máximo de 15 años para los buses, pero la gran mayoría recibe extensiones para operar hasta por 20 años.

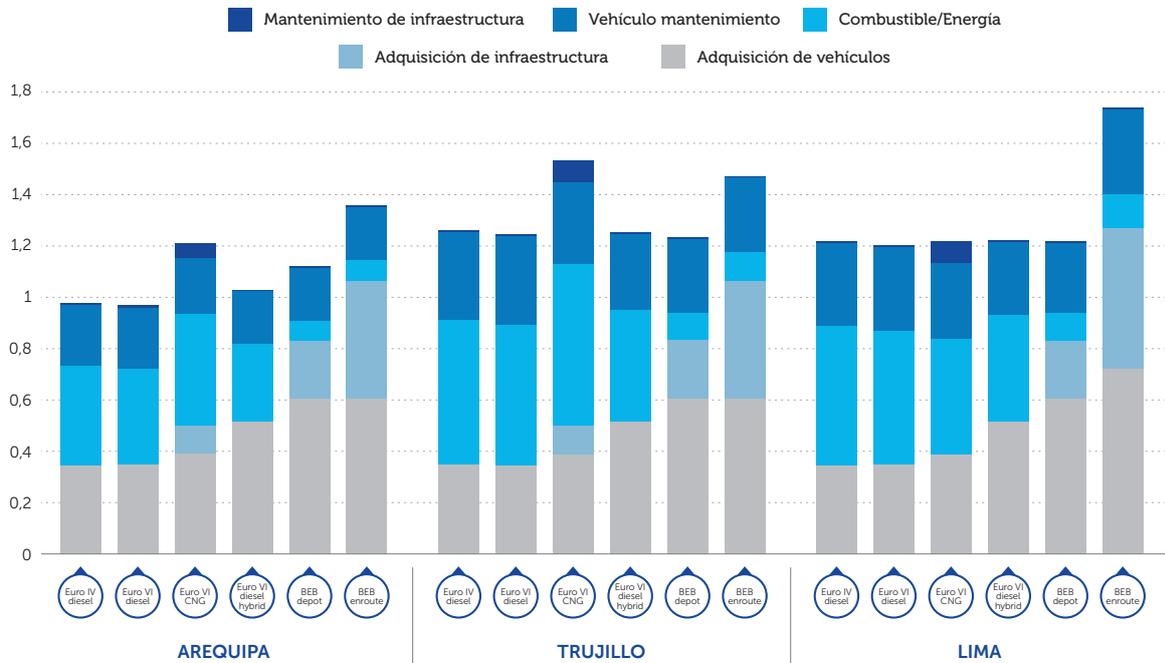
Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

El licenciamiento, el registro, el seguro, el personal, los gastos administrativos y demás gastos potenciales no se consideran, pues son similares para todos los buses y los operadores. Sin embargo, la reducción de estos otros costos para los buses con batería eléctrica, por medio de programas locales o nacionales, contribuiría a hacerlos más atractivos para los operadores, ya que los costos iniciales y los costos continuos se reducen en comparación con otras tecnologías.

### iii. Costo total de propiedad

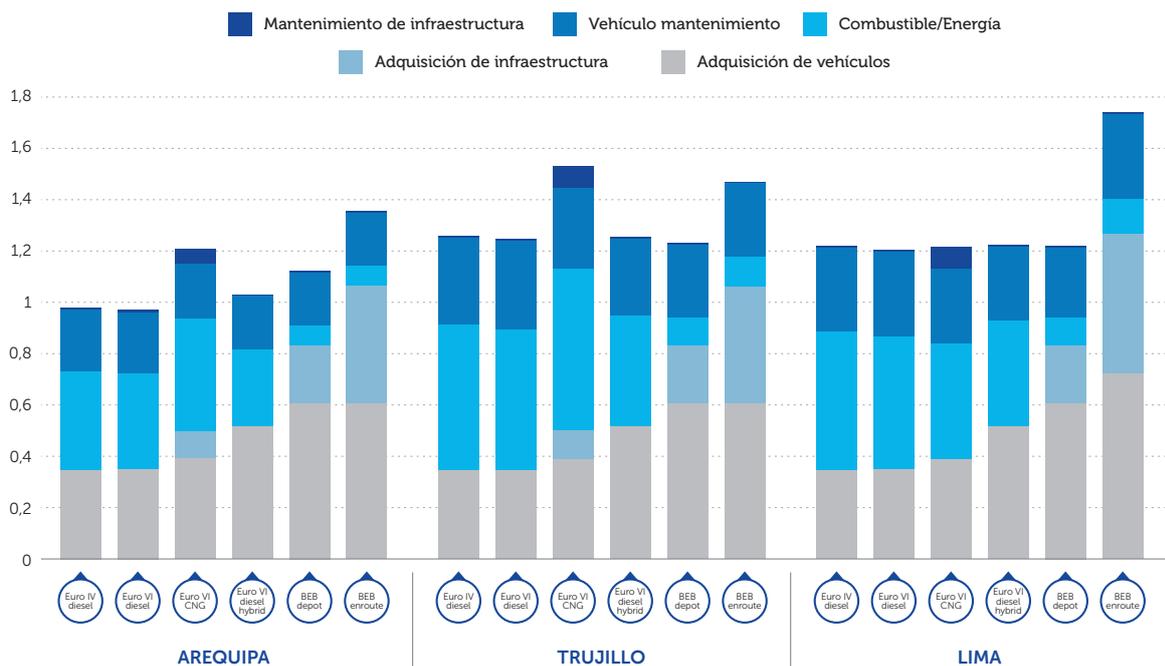
Como se muestra en la Gráfico 14, un microbús de 9 m Euro VI diésel es la opción tecnológica más económica. Los gráficos 15 y 16, por otro lado, muestran que, en el caso de los autobuses de 12 y 18 metros, el GNC es la opción menos costosa.

**Gráfico 14**  
Costo total de propiedad de autobuses 9 m

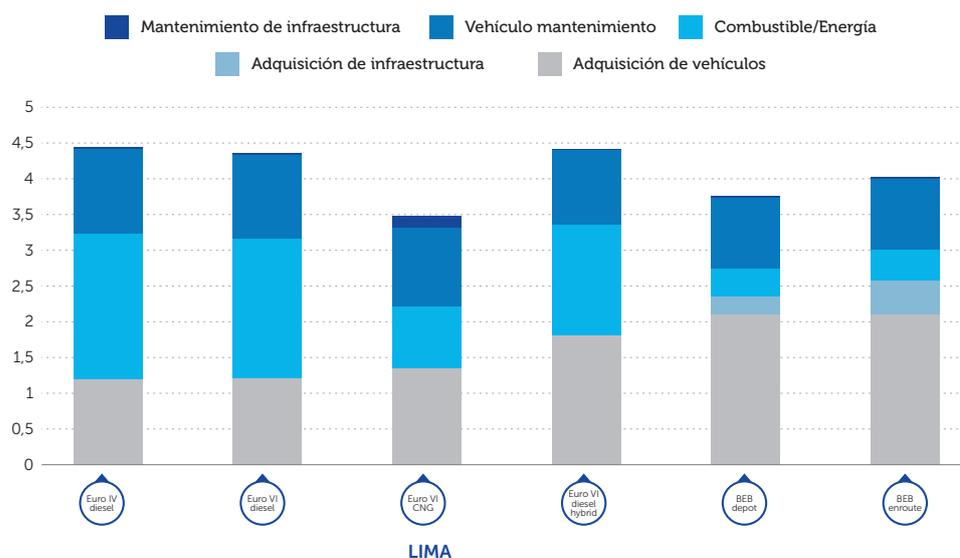


Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

**Gráfico 15**  
Coste total de propiedad de los autobuses de 12 m



Fuente: Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

**Gráfico 16****Coste total de propiedad de los autobuses de 18 m**

Fuente: : Buses sin hollín para Perú (ICCT, 2019).

Los valores usados para el análisis del costo total de propiedad provienen de diferentes fuentes (algunas no directamente de operadores), por lo que puede haber alguna variación con respecto a los valores reales.

Los precios de compra más bajos reducen los costos totales para todas las nuevas tecnologías de buses, pero es probable que tengan un mayor impacto en los BEB, ya que estas son las tecnologías más nuevas. Para los buses de 18 y 12 metros, un BEB cuesta alrededor de S/ 169 000 y S/ 265 000 más que un bus a GNC, respectivamente. Estas diferencias representan del 12% al 14% del precio de compra inicial de BEB. Por lo tanto, una reducción en el precio de compra de BEB de 15% podría ser suficiente para que un BEB sea al menos tan rentable como un vehículo a GNC en Lima. Además, los costos de la batería están descendiendo. Se estima que, entre 2018 y 2025, los costos del paquete de baterías podrían descender entre un 18% y un 30% (Lutsey et al., 2019). En ese sentido, los costos generales de los vehículos eléctricos podrían disminuir a su vez (Moultak et al., 2017).

A pesar de estas estimaciones de reducción de costos, aún se necesitan incentivos regulatorios adicionales para promover la adopción de estas tecnologías limpias para vehículos. Si los buses tienen vidas útiles más cercanas a 20 años, en lugar de 15 años, la eficiencia (y la reducción de la contaminación) y los menores costos de mantenimiento de los BEB reducen su TCO en relación con los otros tipos de autobuses. En este caso, las reducciones de costos de un BEB y los incentivos para promover su compra serían menores.

Cabe precisar que, si los buses nuevos usan aire acondicionado, los valores de consumo de combustible/energía aumentará en al menos un 10%, principalmente en los buses no eléctricos, ya que estos tienen un mayor consumo de combustible.

Los costos de mantenimiento, por otro lado, tienen variaciones diversas. Para los GNC, las estimaciones realizadas en el análisis del costo total de propiedad suponen una reducción de aproximadamente el 9% en los costos de mantenimiento en comparación con un bus a diésel convencional (estudio que compara los autobuses GNC/diésel en Colombia). Otro estudio indica que la reducción de costos puede ser de 6% (Estudio DOT en WMATA). Un análisis diferente estima que los costos de mantenimiento de GNC son más altos que el mantenimiento de los autobuses diésel en un 7,6%-40% (Reunión de grupo de trabajo de ARB ICT en junio de 2017, Dallmann).

A pesar de las variaciones en los datos de mantenimiento, Lima cuenta con infraestructura instalada para GNC, por lo que está tecnología puede ser la opción menos costosa para un autobús grande (> 12 m). Un BEB reduce los costos operativos incluso más que un bus a GNC, pero tiene un costo de adquisición mayor, por lo que los operadores interesados en comprar un BEB necesitan incentivos al menos equivalentes a los otorgados para la compra de un bus a GNC (sin impuestos de importación, menores tarifas de licencia/registro, subsidios de infraestructura, entre otros) para aumentar las posibilidades de su adopción.

## 4.2

### Opciones de financiamiento

Comprar buses y financiar tecnologías de vehículos mejoradas representa un desafío para los sistemas de transporte en las ciudades de todo el mundo, tanto a las que poseen y operan autobuses como a las que utilizan sistemas de concesión. Cuando las ciudades son las propietarias, la compra de autobuses para el sistema de transporte público puede imponer una carga de deuda insostenible. Cuando los operadores son propietarios de buses, a menudo pagan tasas de interés excesivamente altas debido al mal crédito, lo que hace que sus márgenes de ganancia sean cortos.

Los mayores costos de adquisición de buses limpios incrementan los desafíos de financiamiento pues los bancos comerciales y los operadores suelen ser adversos al riesgo y tienen poca experiencia o conocimiento sobre tecnologías limpias (NDC, 2019). De hecho, a menudo es más fácil financiar inversiones a gran escala en infraestructura de transporte público, en las que los grandes bancos y agencias de desarrollo están generalmente dispuestos a invertir, que la compra de nuevos autobuses.

En el Perú, los desafíos de financiar una transición a vehículos más limpios se potencian, aún más, por una planificación deficiente de los sistemas de transporte, lo que se traduce en un servicio de baja calidad, un exceso de oferta en ciertas rutas y pocas restricciones para que ingresen competidores informales, lo que reduce aún más los ingresos de los formales. Si bien no es una condición previa para limpiar las flotas de autobuses, la transición a los sistemas integrados de transporte (SIT) permitirá un mejor acceso a mejores tecnologías y reducirá los costos de financiamiento de estos nuevos buses. Al respecto, la ATU ya se encuentra implementando el SIT para Lima y Callao; sin embargo, todavía existe un gran interés público sobre qué otras acciones se pueden realizar para reducir las ineficiencias en el sistema, expandir y mejorar el servicio y además limpiar la flota (*La República*, 2018).

Previo a la pandemia, se estimaba que el Metropolitano atendía 700 000 viajes por día en Lima en la línea central y en las rutas de alimentación. Los desafíos que enfrenta el sistema hoy en día incluyen satisfacer una alta demanda, ofrecer un servicio de calidad a un precio asequible y lograr un equilibrio viable entre las necesidades de los concesionarios y las de los usuarios. Los sistemas o buses de tránsito rápido (BRT) más grandes en América Latina, incluidos Metrobús en México y TransMilenio en Bogotá, han enfrentado estos mismos desafíos, lo que demuestra la complejidad general de brindar un servicio de alto nivel a un precio asequible (Flores-Dewey y Zegras, 2012; Franke, Macías y Schmid, 2012; Télez Oliveros, 2015).





Un sistema de transporte público formal y mejorado puede reducir los costos y las barreras de renovación de la flota de autobuses de muchas maneras:

- *Se habilita un flujo confiable de ingresos* en cada ruta a través de una planificación mejorada. Esto permite a los operadores presupuestar los costos operativos, incluidos los costos de compra o arrendamiento y operación de la flota de buses. El fortalecimiento de las prácticas comerciales, la profesionalización de las empresas de tránsito y la mejora de la eficiencia operativa aumentan aún más las oportunidades de financiamiento y reducen los costos de financiamiento para los operadores.
- *El cobro electrónico de tarifas*, especialmente por un tercero, se puede usar como garantía del préstamo o para pagos de préstamos (Goldman, 2018).
- *La transición a un modelo de arrendamiento* puede reducir la carga del financiamiento o de la deuda asociada con el sistema, permitiendo a los operadores enfocarse en las operaciones y las agencias de la ciudad enfocarse en la planificación y gestión del sistema.

El mayor desafío para formalizar el transporte público es reducir el exceso de la oferta informal y de baja calidad, pues esta afecta los retornos del sistema formal y aumenta la congestión. Racionalizar el sistema de transporte y fortalecer la fiscalización para el transporte ilegal aumentaría la certeza de los ingresos de los operadores formales, permitiéndoles un modelo de ingresos sostenible.

## **i. Incentivos, impuestos y subsidios**

### **a. Subsidios**

Muchas regiones cobran impuestos y aranceles a los vehículos privados por el uso de las vías públicas y emplean esos recursos para brindar apoyo al transporte público, especialmente para un tránsito más limpio. El transporte público no solo proporciona movilidad a quienes no pueden pagar un vehículo privado, sino que también reduce la congestión y mejora la movilidad para todos los usuarios de vehículos privados. Por estas razones, muchas ciudades y regiones subsidian de forma cruzada los costos de capital asociados con el transporte público a través de tarifas para los vehículos privados. Bajo este sistema, las tarifas están destinadas a cubrir solo los costos operativos del sistema.

En contraste, en América Latina, los sistemas de transporte público, en su mayoría, han tratado de cubrir los



costos operativos y de capital a través de sus tarifas (Huerta Goldman, 2018). Las ciudades, generalmente, enfrentan presiones para mantener las tarifas bajas y mejorar la calidad del servicio, al mismo tiempo que cumplen con las restricciones presupuestarias. Debido a que aún es más económico continuar operando un vehículo antiguo que ha sido totalmente pagado y que debería estar fuera de servicio —los operadores de buses generalmente no reciben ingresos adicionales por la operación de nuevos buses, aunque el mantenimiento, los costos de combustible y el tiempo fuera de servicio deberían disminuir— existe un incentivo negativo para la transición hacia tecnologías más limpias y buses nuevos.

En ese sentido, una opción podría ser crear fondos dedicados para el sistema de buses, asignando tarifas específicas o ingresos asociados con el uso de automóviles privados para ayudar a financiar las actualizaciones del sistema necesarias para el transporte público de calidad (ICCT, 2019).

#### **b. Incentivos fiscales**

Eliminar o reducir los aranceles de importación para vehículos eléctricos, filtros de partículas diésel y vehículos Euro VI, durante un periodo específico de tiempo, contribuiría a reducir el costo incremental de esas tecnologías. Asimismo, la negociación de tarifas preferenciales de electricidad para el transporte público y una tasa más baja para diésel de 10 ppm de azufre, podría ayudar al Perú a hacer la transición a combustibles limpios más rápidamente.

#### **c. Requisitos de vehículos en circulación**

Eliminar los vehículos más antiguos y contaminantes es una estrategia importante para acelerar la renovación de la flota. La implementación del SIT ha generado una ventana de oportunidad para proponer el desguace de los autobuses más antiguos como parte del modelo de concesión. Bajo la suposición de que se chatarrearán más autobuses de los que se incorporan al sistema, se reduciría la competencia de los autobuses más antiguos e informales con los nuevos del SIT y se aceleraría la transición hacia vehículos más limpios.

Establecer un cronograma de retiro para las unidades más antiguas es una alternativa adicional que podría respaldar la implementación del SIT. Como muchos de los buses existentes son elegibles para la adaptación con DPF, no se requerirá la eliminación de todos los buses existentes.

Si la transición a los estándares de transporte libre de hollín representa un escenario muy lejano, las ciudades podrían plantear límites de edad para los vehículos, los cuales se aplican, comúnmente, para aquellos que se usan con mucha intensidad, principalmente taxis y buses.

Los sistemas de transporte, a través de normativas o mediante contratos de concesión, buscan limitar la vida útil de los buses, ya sea en años o en distancia recorrida. En Lima, el límite de edad actual para los buses de transporte público es de 15 años. Una reducción gradual de este límite facilitaría la remoción de vehículos más viejos y contaminantes de la flota. Asimismo, promover que se utilicen vehículos más limpios en el sistema de transporte público durante más tiempo u otorgar contratos de concesión más largos para buses limpios podría ayudar a incentivar la transición hacia las tecnologías más limpias.

#### **d. Incentivo del chatarreo**

Combinar los incentivos con los requisitos que hacen que el chatarreo sea más atractivo reducirá el costo general del programa y aumentará los niveles de participación. En estas circunstancias, un incentivo para la chatarrización puede reducir el impacto negativo en los operadores de autobuses, los cuales generalmente tienen una baja rentabilidad (Abramskiehn y Clark, 2018). Para tener éxito, los programas de chatarreo deben ofrecer aproximadamente el valor de mercado del vehículo. Sin embargo, los propietarios que tienen más probabilidades de participar todavía tienden a tener mayores ganancias y vehículos con un valor más bajo (Deustua et al., 2012). Aun así, sin requisitos obligatorios, los bonos de chatarreo generalmente no son suficientes para impulsar la renovación de la flota porque los propietarios de buses tradicionales prefieren seguir operando sus buses mientras pueden.

Al igual que TransMilenio en Bogotá y Metrobús en Ciudad de México, el Metropolitano de Lima implementó un programa de chatarreo con el objetivo de eliminar las flotas de buses antiguos e informales para así evitar la competencia en las rutas troncales y alimentadoras (Francke et al., 2012; Téllez Olivares, 2015; Deustua et al., 2012). Otro beneficio del programa es la eliminación de estos vehículos altamente contaminantes.

Si no se implementan políticas para alentar la remoción de los vehículos antiguos y contaminantes de la flota, estos continuarán circulando durante el mayor tiempo posible, impactando negativamente en el medioambiente y reduciendo la oportunidad de transición hacia vehículos limpios.

#### **ii. Opciones para reducir los costos de financiamiento**

En el contexto actual del Perú, los operadores de buses suelen ser dueños de sus propias unidades. Estos suelen ser modelos de buses de muy bajo costo, generalmente financiados directamente por el fabricante, aunque a veces a través de préstamos bancarios. El pago inicial es de aproximadamente el 20% para el financiamiento durante un periodo de cuatro, a veces de cinco años, con un amplio rango en las tasas de interés del 10% a 20%, según los bancos o los fabricantes, entre otros factores. Como el sector es relativamente informal, sin pagos electrónicos o incluso contratos formales basados en rutas, la solvencia crediticia de los operadores de buses generalmente no es sólida y la rentabilidad generalmente es débil.

Encontrar formas de aminorar los costos de financiamiento reduciría en gran medida los costos para el operador, aumentando el incentivo y la capacidad de pasar a tecnologías más limpias. Por ejemplo, para un bus nuevo de 9 metros, reducir la tasa de interés del 16% a un 9% y aumentar el plazo de 4 a 5 años reduciría el costo para los operadores en un 27%. Con un pago inicial del 20%, los ahorros son de US\$ 300 al mes para un autobús de US\$ 50 000 y casi US\$ 1800 al mes para un autobús articulado de US\$ 300 000. Si bien el ahorro mensual es más tangible para el operador, se trata de un ahorro absoluto de más de US\$ 4 600 para el bus de bajo costo y US\$ 26 000 para el bus articulado, más que el costo adicional asociado con las tecnologías mejoradas para vehículos<sup>20</sup>.

El costo de financiamiento ciertamente no es el único componente del costo del bus, pero es crítico. Si la tasa de financiamiento puede tener un impacto tan importante en los buses de bajo costo, pagar el costo mensual de un préstamo tradicional de 4 a 5 años para buses de mayor costo se vuelve insostenible, incluso con tasas de interés razonables. Por esta razón, los altos costos de financiamiento, junto con los mayores costos iniciales, se encuentran entre las mayores barreras para la adopción de vehículos eléctricos (Abramskiehn y Clark, 2018).

En un estudio reciente sobre tendencias emergentes e innovaciones para la adopción de autobuses eléctricos (Li et al., 2018), se identificó que en la mayoría de las 22 ciudades encuestadas se daban incentivos o algún tipo de asignación para la compra de buses. Entre estos se incluían subsidios directos,

<sup>20</sup> Para un motor de 6 litros, el costo incremental de Euro IV a Euro VI es de aproximadamente US\$ 1700, mientras que el incremento de Euro III a Euro VI es de US\$ 4300. Consulte los costos de las tecnologías de reducción de emisiones para vehículos diesel de servicio pesado para obtener más detalles (Posada, Chambliss y Blumberg, 2016).



exenciones fiscales o donaciones en especie, como tierra, infraestructura, capacitación o mantenimiento provisto por la industria. El financiamiento menos costoso fue identificado como un factor en solo algunas de las ciudades; sin embargo, muchas ciudades utilizan modelos contractuales innovadores. Aunque los subsidios directos pueden no ser una opción, los otros tipos de apoyo están todos al alcance. Además, los modelos alternativos de adquisición de autobuses son una de las opciones más prometedoras disponibles.

#### **a. Modelos para la adquisición de buses y baterías**

Una tendencia creciente para reducir la barrera de adopción de tecnologías de autobuses de mayor costo, especialmente buses eléctricos, es utilizar modelos contractuales innovadores, es decir, cambiar el modelo de propiedad. Bajo el modelo tradicional, el operador del bus o la agencia de la ciudad posee los buses. Los procesos de adquisición tradicionales tienden a centrarse en reducir los costos iniciales en lugar de minimizar el costo total de propiedad. Como se vio en este capítulo, estos objetivos generalmente llevarán a resultados muy diferentes.

La Tabla 14 proporciona información general sobre los modelos de propiedad que pueden reducir la carga financiera para las ciudades y los operadores. Dividir el proceso de licitación en compras y operaciones o usar otro modelo de concesión alternativo puede volver el proceso más atractivo para las diferentes partes interesadas (compañías de energía, instituciones de arrendamiento y financieras, fabricantes), así como a un mayor número de operadores, ya que reduce su carga de solvencia crediticia. Es importante que la oferta de compra de buses incluya la consideración de TCP. Por ejemplo, el costo del autobús también podría cubrir el mantenimiento durante la vida útil de la concesión. El combustible es otro factor fundamental del TCP, y la adquisición debe tener en cuenta los costos de combustible esperados, proporcionando puntos adicionales para costos de combustible más bajos y tecnologías más limpias.

Pasar de un modelo de propiedad a un modelo de arrendamiento (*leasing*) puede reducir los costos, al extender el plazo para el retorno de la inversión en buses. Los fabricantes, las instituciones financieras, las compañías de arrendamiento especializadas o las sociedades de inversión pueden conservar la propiedad de los autobuses y arrendarlos durante un periodo de 10 años o más, en algunos casos con opción de compra al final del contrato. Esto reduce el riesgo de crédito ya que el financiador es el propietario legal del autobús (EY, 2013).

Si bien los modelos de compra innovadores pueden representar un TCO más bajo, estos modelos de negocios son relativamente nuevos en América Latina (NDC, 2019). Algunos de estos modelos, además, son más factibles o solo aplicables para buses eléctricos.

**TABLA 14**

**Modelos de propiedad para adquisición de autobuses y baterías**

Propietario	Descripción	Comentario
Operador	El modelo más tradicional, en el que una empresa privada con un contrato o licencia para operar los buses también es propietaria de los buses.	Los operadores de autobuses generalmente tendrán la menor trayectoria y garantía para controlar un costo de financiamiento más bajo y tendrán más dificultades para obtener préstamos grandes para tecnologías más caras o para asumir mayores riesgos.
Holding	Una compañía separada es propietaria de los buses y los arrienda a los operadores.	Un <i>holding</i> más grande puede invertir en las instalaciones y el personal necesario para el mantenimiento de buses y así garantizar que su propiedad mantenga su valor.
Fabricante	El fabricante mantiene la propiedad y arrienda los buses al operador o la ciudad, revendiéndolos al final del periodo del contrato.	El fabricante posee los conocimientos necesarios sobre cómo mantener la vida útil y la durabilidad del vehículo, y debe poder estructurar un contrato de arrendamiento durante la vida útil del bus que sea beneficioso para todas las partes. Desafortunadamente, las compañías de buses muchas veces ya tienen una gran carga de deuda.
Ciudad	Otro modelo tradicional. La ciudad o las agencias de la ciudad pueden ser propietarias de los buses, con operadores privados o con operadores empleados directamente por la ciudad.	Es posible que las ciudades no tengan recursos para asumir más deudas pues estas constituyen una parte cada vez mayor del gasto gubernamental. No obstante, las ciudades generalmente tienen el poder fiscal y pueden ofrecer garantías para reducir el costo de financiamiento.
Institución financiera	Un banco u otra institución financiera podría comprar los buses directamente y arrendarlos al operador o la ciudad, revendiéndolos al final del periodo del contrato o terminando el tiempo de arrendamiento con un precio de compra insignificante.	Este es un arreglo común para grandes equipos de transporte. El arrendamiento financiero ( <i>leasing</i> ) reduce la carga de los operadores por las garantías y los pagos iniciales, aunque normalmente incluirá cláusulas sobre los programas de mantenimiento, multas más altas por pagos atrasados y no permite reducir los costos de arrendamiento por liquidación anticipada.
Proveedor de servicio eléctrico o combustible alternativo	En el caso de los vehículos eléctricos, la empresa de servicios públicos puede comprar y arrendar las baterías a los operadores de buses. Para un cambio de combustible, como el gas natural o la electricidad, los proveedores generalmente proporcionarán la infraestructura necesaria para asegurar las ventas a largo plazo.	Como las baterías constituyen la mayor diferencia de costo incremental entre los vehículos eléctricos y convencionales y también el mayor riesgo (por su durabilidad), esta disposición puede reducir en gran medida las barreras para el ingreso de esta nueva tecnología. Como los proveedores de combustible suelen ser responsables de la infraestructura de reabastecimiento de combustible (subestaciones adicionales y distribución de electricidad o gas natural), no es necesario considerar, en el cálculo del TCO, un costo de infraestructura aparte del costo del combustible.



Las garantías son críticas para el modelo de propiedad tradicional, pero también pueden ser importantes bajo acuerdos de financiamiento alternativo. Una garantía es una promesa de que, en caso de incumplimiento, se pagará una cantidad específica. Las garantías, que pueden reducir significativamente los costos de financiamiento de los préstamos, pueden provenir de una variedad de fuentes:

- Las autoridades de transporte público pueden proporcionar garantías en forma de “obligación continua de valor residual”, que garantiza que el costo restante de los buses se pagará en caso de incumplimiento (EY, 2013).
- En el caso de la emisión electrónica de boletos, el flujo de efectivo de las tarifas de bus puede servir como garantía del préstamo o como garantía, con el banco legalmente obligado a utilizar los ingresos de la tarifa para pagar el préstamo en caso de incumplimiento (Huerta Goldman, 2018).
- Muchos países tienen acuerdos para proporcionar garantías a las pequeñas y medianas empresas (PNUD, 2016).
- Las agencias de crédito a la exportación ofrecen garantías y seguros para promover las exportaciones (KfW-IPEX Bank, 2017).
- Los bancos multilaterales de desarrollo también pueden proporcionar una línea de crédito o garantía en forma de un préstamo concesional para ayudar a reducir los costos de financiamiento.

También se pueden proporcionar garantías para los arrendamientos, para garantizar que los pagos continuarán incluso en caso de incumplimiento por parte del arrendatario. De alguna manera, que la autoridad local garantice el acuerdo de arrendamiento tiene más sentido que garantizar un préstamo. Al usar una cláusula de entrada o adquisición, la autoridad puede garantizar que se continúe con los pagos de arrendamiento si el operador se declara insolvente, lo que reduce en gran medida la percepción del riesgo por parte del financiador (EY, 2013). Este acuerdo vincula los buses a las rutas, ya que los autobuses seguirán siendo necesarios y serían muy difíciles de obtener de otro modo, incluso si el operador quiebra. En estas circunstancias, también existe un riesgo relativamente bajo para la ciudad, ya que los recibos de tarifas pueden continuar cubriendo los pagos de arrendamiento incluso bajo un cambio de proveedores.

### iii. Instituciones financieras

Hay muchas instituciones dedicadas a extender el financiamiento para facilitar la inversión en países de ingresos bajos y medios, donde se espera que la inversión tenga un impacto positivo en el desarrollo.

Uno de los modelos principales es el uso de instrumentos financieros concesionales, incluidos los préstamos, las donaciones y las garantías ofrecidas en términos inferiores a la tasa de mercado, así como plazos más largos, tasas de interés bajas, o ambas, para eliminar riesgos o alentar ciertas inversiones. Junto con los objetivos de desarrollo, las preocupaciones ambientales y energéticas son los principales impulsores del interés del proyecto. Sin embargo, puede ser difícil llamar la atención de estos grupos para asignaciones muy pequeñas de compras de buses. La consolidación de las adquisiciones puede reducir significativamente el precio por bus y mejorar las disposiciones de garantía y mantenimiento, al mismo tiempo que aumenta el interés de fondos alternativos e instituciones financieras.

Según el análisis realizado, los siguientes tipos de instituciones financieras internacionales podrían estar interesados en apoyar la transición a buses más limpios en el Perú, incluido Euro VI y más:

- *Agencias de exportación.* Estas agencias pueden financiar las exportaciones de su región, ya sea a través de préstamos directos o una garantía de crédito. Normalmente, este acuerdo de financiamiento está reservado para las compras más grandes (Romano, 2015). Sin embargo, KfW-IPEX recientemente apoyó la compra de 55 autobuses Euro VI en México (KfW-IPEX, 2017).
- *Instituciones financieras internacionales.* Grupos como el Banco Mundial, la Corporación Financiera Internacional (CFI), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), entre otros, proporcionan financiamiento de deuda y capital para invertir en transporte urbano. Los bancos estatales de desarrollo también pueden financiar préstamos para una tecnología más limpia: KfW de Alemania anunció recientemente que otorgaría un préstamo con intereses del 2% para la compra de 2000 buses eléctricos para el estado indio de Tamil Nadu. Todas estas instituciones podrían desempeñar un papel en la financiación directa o en la provisión de una línea de crédito que podría servir como garantía para reducir los costos financieros, especialmente para apoyar la transición a buses más limpios.
- *Fondos específicos para el clima.* Se disponen de fondos para fines climáticos y ambientales, tales como el Fondo de Tecnología Limpia, administrado por el Banco Mundial, el cual ha proporcionado financiamiento en condiciones concesionarias para la compra de buses híbridos por parte del sistema TransMilenio de Bogotá (CIF, 2019). Asimismo, el Fondo Verde para el Clima, responsable ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, ha proporcionado fondos tanto de préstamos como de subvenciones para apoyar un sistema de BRT de cero emisiones en Karachi, Pakistán (GCF, 2019).

En general, estas instituciones trabajan junto con los bancos locales u otros como parte de un pool financiero. Su participación podría ayudar a reducir los costos de adquisición directa o implementar modelos de propiedad alternativos.

# 5

## POLÍTICAS PARA PROMOVER LA ADOPCIÓN DE BUSES LIMPIOS



Existen barreras técnicas, operativas y económicas para el despliegue de las tecnologías de buses sin hollín. En ese sentido, se requiere el desarrollo de políticas y esfuerzos adicionales para ampliar el acceso a ellas.

## 5.1. Barreras y oportunidades

---

Las barreras para la implementación de autobuses sin hollín pueden ser de tipo financieras, técnicas, operativas u organizativas. Las barreras financieras incluyen costos iniciales más altos y/o acceso limitado al crédito. Las barreras técnicas, por su parte, comprenden la ausencia de combustibles más limpios, una nueva infraestructura para cargar combustible o riesgos tecnológicos más altos, como el problema de la vida útil de las baterías. Las barreras operativas, por otro lado, se relacionan al diseño ineficiente de rutas, riesgos de demanda, fraude transaccional y evasión de tarifas. Las barreras organizativas se refieren al suministro limitado de modelos de vehículos que cumplan con los requisitos de tecnología deseados (por ejemplo, disponibilidad local de buses de Euro V CNG pero no de Euro VI CNG).

### Adquisición

Los mayores costos iniciales de los buses sin hollín pueden ser un desafío, especialmente para aquellos operadores privados que tienen capitales pequeños y una baja calificación crediticia. Por ello, las garantías de préstamos, el respaldo de las instituciones de financiamiento climático o las cláusulas de adquisición ofrecidas por los organismos públicos pueden reducir los riesgos crediticios para los prestamistas y arrendadores de tecnologías libres de hollín. Asimismo, las estrategias de arrendamiento y los contratos de servicios se pueden estructurar para gestionar los riesgos operacionales y tecnológicos de manera efectiva.

El mayor precio de compra de los buses sin hollín se puede atenuar con impuestos a las ventas basados en porcentajes o impuestos al valor agregado. En las ciudades donde los procedimientos de adquisición favorecen la opción del precio de compra más bajo, las decisiones de adquisición pueden no considerar los ahorros operacionales y el menor costo neto de los buses sin hollín. Además, las externalidades ambientales, como la contaminación y los impactos en la salud, suelen quedar fuera del cálculo de costos, pues son difíciles de monetizar.





Las políticas nacionales y locales bien diseñadas, como se discutió en la sección anterior, pueden aliviar estos problemas de asequibilidad. Por ejemplo, los BEB pueden estar parcial o totalmente exentos de ciertos impuestos a las ventas o impuestos al valor agregado. Es necesario un cambio de enfoque centrado en los costos de adquisición y contratación más bajos hacia uno orientado al costo total de propiedad más bajo.

### **Contratos**

Como alternativa a la contratación directa, las autoridades suelen optar por la modalidad de concesión a operadores privados de autobuses que prestan servicios de transporte público en nombre de la ciudad. Para ganar una concesión, los operadores deben cumplir con los requisitos de la licitación, que incluyen las especificaciones del autobús, entre otros. Por ejemplo, el programa de modernización de vehículos de servicios públicos de Metro Manila requiere un mínimo de emisiones de Euro IV para las nuevas franquicias (Philippine News Agency, 2017). Las autoridades, en el futuro, podrán extender este requisito a toda la flota y solicitar un mínimo de Euro VI.

Varios factores influyen en el riesgo de inversión y, por lo tanto, en el costo de adquisición de autobuses para operadores privados. Por ejemplo, los prestamistas pueden percibir un mayor riesgo crediticio si los periodos de contrato son cortos, especialmente para aquellas tecnologías cuyo coste de adquisición es elevado que se terminan pagando con ahorros operativos. Extender la duración de los contratos u ofrecer una renovación automática a los operadores de buses sin hollín que cumplan con los requisitos mínimos podría aumentar la seguridad del prestamista y reducir el costo de adquisición de autobuses.

De manera similar, extender los límites de edad máxima para autobuses operados por empresas privadas (por ejemplo, 10 años en algunas ciudades) para que coincidan con la vida útil del vehículo puede maximizar los ahorros operacionales y hacer un uso completo de las instalaciones asociadas de carga o carga de buses sin hollín. En los casos en los que el TCO es mayor para los buses sin hollín (pero compensados por los beneficios ambientales), las fórmulas de remuneración de los contratos pueden ajustarse para compensar a los operadores por el aumento de los costos de los autobuses sin hollín.

### **Operaciones**

En algunas ciudades, los buses diésel Euro VI (incluidos los híbridos) pueden requerir combustibles más limpios que la calidad mínima de combustible permitida por las regulaciones nacionales. La tabla 15 muestra algunas de las barreras descritas y las oportunidades que surgen a partir de estas.

**TABLA 15****Barreras y oportunidades para la adopción de tecnologías limpias**

<b>Barrera</b>	<b>Oportunidad</b>
<p>No existen requerimientos técnicos ambientales para los procesos de licitación pública de adquisición de nuevos buses para el transporte público.</p>	<p>Desarrollo de normativas nacionales, departamentales y provinciales, para la adopción de requerimientos técnicos en los procesos públicos de licitación de buses.</p> <p>En particular, estos requerimientos deben incluir la adopción de tecnologías “libres de hollín” ya sea diésel Euro V con DPF, diésel Euro VI, gas natural Euro VI, o buses cero emisiones (buses eléctricos de batería o celda de combustible).</p> <p>Estas normativas pueden ser fundamentadas para las estrategias nacionales/locales de mejora de calidad del aire, o en los acuerdos internacionales (NDCs) para la reducción de emisiones de GEI.</p>
<p>Los impactos ambientales y sociales no están incluidos en las consideraciones de compra de nuevos buses.</p>	<p>Desarrollo de normativas nacionales, departamentales y provinciales, para la implementación del análisis de impacto ambiental y salud humana en los procesos públicos de licitación de buses. Estos deberán detallar los efectos directos de la contaminación en la salud y el costo de esos efectos. Los resultados de esto deberán incluirse en los costos de operación. De esta forma, el costo social de la tecnología contaminante se evalúa de forma más completa.</p>
<p>Aunque hay una percepción de problemas de calidad del aire no se han identificado las áreas críticas para proponer una zona de baja emisión.</p>	<p>Desarrollo de programas para la medición de la calidad del aire en las ciudades peruanas. Estos datos se pueden emplear para sustentar la adopción de zonas de baja emisión, donde solo los buses eléctricos o Euro VI (diésel o GNV) puedan prestar el servicio.</p>

# 6

## CONCLUSIONES



La transición a buses libres de hollín en Lima es una meta alcanzable, pero requiere tomar acciones a nivel nacional y local en varios aspectos, incluyendo los marcos normativo, contractual, financiero y técnico.

### **A. A nivel nacional**

Se requiere cambiar el estándar actual de Euro IV al Euro VI, el cual necesita un combustible ultra bajo en azufre (con  $S < 10$  ppm). Para facilitar la transición, estos cambios pueden adelantarse en ciudades clave. Asimismo, a fin de facilitar el acceso a tecnologías más limpias se recomiendan acciones que reduzcan el costo inicial de los buses libres de hollín, entre otros aspectos desarrollados en el presente documento.

### **B. A nivel local**

Muchas ciudades a nivel global han acelerado su transición hacia un transporte eficiente y libre de hollín mucho más rápido que lo alcanzado a niveles nacionales. La ciudad de Lima y Callao puede tomar pasos similares.

Algunas acciones que se pueden tomar son:

- Revisar el marco normativo de adjudicación de contratos de prestación de servicios de transporte público. En particular, se debe requerir tecnología "libre de hollín" bien sea diésel Euro VI, gas natural, o buses cero emisiones (buses eléctricos de batería).
- Dado que los impactos ambientales, sociales y a la salud no hacen parte de los procesos de licitación de para prestación de servicios de transporte público urbano, se recomienda el desarrollo de normativas nacionales, departamentales y locales, para la adopción de análisis de impacto ambiental y salud humana en los procesos públicos de licitación de buses.

En Lima y Callao, donde ya existe un sistema integrado de transporte relativamente organizado y una adopción de tecnología Euro IV a gas natural con su respectiva infraestructura, el salto a gas natural con tecnología Euro VI es el modelo más económico incluyendo los costos sociales por contaminación. El incentivo para tener buses eléctricos se puede enfocar en una demanda que tiende a crecer y porque hay planes de expansión de rutas.

La inacción, que es el camino más fácil, tiene un costo social alto en cuanto a enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y afecta principalmente a los niños. La transición a buses sin hollín, más eficientes y menos contaminantes, tiene un costo incremental con respecto a la tecnología actual, pero es siempre menos costoso que los costos sociales a largo plazo.



# 7 BIBLIOGRAFÍA



- Abramskiehn, D. y Clark, A. (28 de septiembre del 2018). Pay as you save for Clean Transport. Climate Policy Initiative. <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/pay-as-you-save-for-clean-transport/>.
- Acuerdo de Concejo N.º 194. Declaran la red vial de Lima Metropolitana como vías saturadas respecto a la gestión del servicio de transporte público regular de personas. 28 de enero del 2014. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/declaran-la-red-vial-de-lima-metropolitana-como-vias-saturad-acuerdo-n-194-1047593-1/>.
- California Air Resources Board (2017a). California's advanced clean cars midterm review: summary report for the technical analysis of the light-duty vehicle standards. [https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-01/ACC%20MTR%20Summary\\_Ac.pdf](https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-01/ACC%20MTR%20Summary_Ac.pdf).
- California Air Resources Board (2017b). Public workshop of the proposed Innovative Clean Transit Regulation. Discussion Document. <https://www.calact.org/assets/Clean%20Transit%20Reg%2017125.pdf>.
- California Air Resources Board (2018). Low income barriers study, part B: overcoming barriers to clean transportation access for low-income residents. [https://www.arb.ca.gov/msprog/transoptions/sb350\\_final\\_guidance\\_document\\_022118.pdf](https://www.arb.ca.gov/msprog/transoptions/sb350_final_guidance_document_022118.pdf).
- Decreto Legislativo N.º 651. Establecen la libre competencia en las tarifas del servicio público de transporte urbano e interurbano de pasajeros en todo el país. 24 de julio de 1991. <http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/DecretosLegislativos/00651.pdf>.
- Decreto Supremo N.º 003-207-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias. 7 de junio del 2017. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/59018>.
- Decreto Supremo N.º 003-2019-MTC. Decreto Supremo que aprueba la Sección Primera del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU). 9 de febrero del 2019. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/289848/DS\\_003-2019-MTC.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/289848/DS_003-2019-MTC.pdf).
- Decreto Supremo N.º 005-2019-MTC. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N.º 30900, Ley que crea la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU). 8 de marzo del 2019. <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-la-ley-n-30900-decreto-supremo-n-005-2019-mtc-1747891-2>.
- Decreto Supremo N.º 005-2021-MTC. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Nacional para el Fomento del Chatarreo. 5 de febrero del 2021. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-nacional-para-el-f-decreto-supremo-n-005-2021-mtc-1925769-4/>.
- Decreto Supremo N.º 007-2020-MINAM. Aprueban Índices de Nocividad de Combustibles (INC) para el período 2020- 2021. 18 de agosto del 2020. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/67034>.
- Decreto Supremo N.º 010-2017-MINAM. Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores. 30 de noviembre del 2017. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/62329>.
- Decreto Supremo N.º 012-2019-MTC. Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional de Transporte Urbano. 9 de abril del 2019. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/438485/DS\\_N\\_\\_012-2019-MTC.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/438485/DS_N__012-2019-MTC.pdf).
- Decreto Supremo N.º 016-2021-MTC. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento que Establece el Procedimiento para la Declaración de Abandono y Chatarreo de los Vehículos Internados en Depósitos Vehiculares. 11 de abril del 2021. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-que-establece-el-p-decreto-supremo-n-016-2021-mtc-1942701-2/>.
- Decreto Supremo N.º 017-2009-MTC. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Nacional de Administración de Transporte. 22 de abril del 2009. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/19099/1\\_0\\_4065.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/19099/1_0_4065.pdf).

- Decreto Supremo N.º 025-2008-MTC. Aprueban Reglamento Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares. 24 de agosto del 2008. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/404333/1\\_0\\_4331.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/404333/1_0_4331.pdf).
- Decreto Supremo N.º 025-2017-EM. Establecen medidas relacionadas al contenido de azufre en el Diésel, Gasolina y Gasohol para su comercialización y uso. 8 de septiembre del 2017. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/establecen-medidas-relacionadas-al-contenido-de-azufre-en-el-decreto-supremo-n-025-2017-em-1563113-4/>.
- Decreto Supremo N.º 058-2003-MTC. Aprueban el Reglamento Nacional de Vehículos. 7 de octubre del 2003. [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_70.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_70.pdf).
- Decreto de Urgencia N.º 029-2019. Decreto de urgencia que establece incentivos para el fomento del chatarreo. 19 de diciembre del 2019. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-de-urgencia-que-establece-incentivos-para-el-fomento-decreto-de-urgencia-n-029-2019-1838988-1/>.
- Deustua, J., Barrios, M. y De la Torre, A. (2012) Propuesta de implementación del Plan de Chatarreo para Vehículos de Transporte Público. [https://www.apoyoconsultoria.com/media\\_apoyo/uploads/banner/chatarrero.pdf](https://www.apoyoconsultoria.com/media_apoyo/uploads/banner/chatarrero.pdf)
- GIZ (2016). Autoridad de Transporte Urbano Para Lima y Callao: Propuesta Conceptual. <https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/Autoridad%20de%20Transporte%20Urbano%20para%20Lima%20y%20Callao-144dpi.pdf>.
- Gobierno del Perú (3 de noviembre del 2017). Impuesto Vehicular. <https://www.gob.pe/464-impuesto-vehicular-inscribe-tu-vehiculo>.
- International Council on Clean Transportation. (2019). Buses sin hollín para Perú.
- Ley N.º 30900. Ley que crea La Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao (ATU). 28 de diciembre del 2018. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-crea-la-autoridad-de-transporte-urbano-para-lima-y-c-ley-n-30900-1727064-7/>.
- Ley N.º 27133. Ley de promoción del desarrollo de la industria del gas natural. 4 de junio de 1999. <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/LEY-27133-CONCORDADO.pdf>.
- Ley N.º 27181. Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre. 7 de octubre del 2015. [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3106.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3106.pdf).
- Ley N.º 27774. Ley que modifica el Decreto Legislativo N.º 651 y que deroga la Ley N.º 25457 y la Ley N.º 26719. 5 de julio del 2002. <https://docs.peru.justia.com/federales/leyes/27774-jul-5-2002.pdf>.
- Ley N.º 27972. Ley Orgánica de Municipalidades. 6 de mayo del 2003. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/255705/Ley%20N%C2%B0%2027972.pdf.pdf>.
- Ley N.º 28694. Ley Que Regula El Contenido de Azufre En El Combustible Diésel. 22 de marzo del 2006. <http://epdoc2.elperuano.pe/EpPo/Descarga.asp?Referencias=TkwyMDA2MDMyMg>.
- Ley N.º 29237. Ley que crea el Sistema Nacional de Inspecciones Técnicas Vehiculares. 28 de mayo del 2008. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-crea-el-sistema-nacional-de-inspecciones-tecnicas-ve-ley-n-29237-205546-2/>.
- Metropolitano (s.f.) Sistema. <http://www.metropolitano.com.pe/conocenos/sistema/>.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2019). Anuario Estadístico 2018. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/407547/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_2018.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/407547/ANUARIO_ESTADISTICO_2018.pdf).
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile (15 de diciembre del 2020). Publicamos las bases de la licitación que definirá la operación del nuevo sistema de transporte público metropolitano. <https://www.mtt.gob.cl/archivos/27407>.
- Ministerio del Ambiente. MINAM (2014). Estudio de morbilidad por efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas. <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/76/BIV01745.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ministerio del Ambiente (3 de abril del 2018). A partir del 1 de abril del 2018 entró en vigencia las normas de emisiones vehiculares Euro IV, Tier 2 y EPA 2007. <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/a-partir-del-1-de-abril-del-2018-entro-en-vigencia-las-normas-de-emisiones-vehiculares-euro-iv-tier-2-y-epa-2007/>.

- Ministerio del Ambiente (10 de mayo del 2018). Gobierno publica índices de nocividad de combustibles y elabora ranking de los más dañinos para la salud y el ambiente. <https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/gobierno-publica-indices-de-nocividad-de-combustibles-y-elabora-ranking-de-los-mas-daninos-para-la-salud-y-el-ambiente/>.
- Ordenanza N.º 1613. Ordenanza que crea el Sistema Integrado de Transporte Público de Lima Metropolitana, aprueba el Plan Regulador de Rutas y modifica el TUPA de la Municipalidad Metropolitana de Lima en lo que corresponde a la Gerencia de Transporte Urbano. 27 de junio del 2012. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-que-crea-el-sistema-integrado-de-transporte-public-ordenanza-n-1613-807033-1/>.
- Ordenanza N.º 1876. Aprueban el Sistema de Rutas del Servicio de Transporte Regular de Personas en Lima Metropolitana. 26 de febrero del 2015. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-sistema-de-rutas-del-servicio-de-transporte-regu-ordenanza-n-1876-1205571-1/>.
- Ordenanza N.º 1974 que modifica el Régimen Sancionador regulado por la Ordenanza N.º 1599 y Disposiciones de las Ordenanzas N.º 1599, 1681, 1682, 1684 Y 1693." 4 de agosto del 2016. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-n-1974-que-modifica-el-regimen-sancionador-regula-ordenanza-no-1974-1415148-1/>.
- Posada, C. (2018). Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar. La Cámara, 24-26. [https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r816\\_3/comercio%20exterior.pdf](https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r816_3/comercio%20exterior.pdf).
- PROTRANSPORTE. (2014). Manual de Operaciones: Corredores Complementarios. <http://www.protransporte.gob.pe/attachments/article/646/ManualOperaciones-CC-SIT-v1.pdf>.
- Redacción La República (20 de septiembre del 2018). ¿Qué hacemos con el Metropolitano? Domingo.
- Resolución Directoral N.º 01-2020-ATU/DIR. Aprueban el "Estándar de Interoperabilidad Tecnológica para el Sistema de Recaudo Único de la Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao". 12 de noviembre del 2020. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-estandar-de-interoperabilidad-tecnologica-para-resolucion-directoral-n-01-2020-atudir-1902638-1/>.
- Resolución de Presidencia Ejecutiva N.º 067-2021-ATU/PE. Aprueban la "Directiva que regula la declaración de abandono y chatarreo de los vehículos internados en los depósitos vehiculares". 14 de mayo del 2021. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-la-directiva-que-regula-la-declaracion-de-abandono-resolucion-n-067-2021-atu-pe-1953426-1/>.
- Resolución Ministerial N.º 306-2017-MINAM. Disponer la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores. 19 de octubre del 2017. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/10/RM.306-2017-MINAM.pdf>.
- TransMilenio (5 de enero del 2021). Con 1485 buses 100% eléctricos, Bogotá es la ciudad con mayor flota eléctrica fuera de China. <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/152026/>.







Avenida Domingo Orué 165, Surquillo

[www.atu.gob.pe](http://www.atu.gob.pe)

 @ATU\_GobPerú

 /ATU.GobPerú

 ATU.GobPerú

 /ATUPerú