Desarrollo de una propuesta de estructuración financiera y legal para la electrificación de los autobuses de transporte público en el Área Metropolitana de San José de Costa Rica

D11 Design of the financial instrument most appropriate in Costa Rican conditions

Ejecutado por:

ONU programa para el medio ambiente 50 1972-2022

Financiado por:

CRUSA Cambiando VIDAS

Contenido

1 Introducción 1

2 Revisión de estudios sobre barreras, modelos de negocio y mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos. 2
2.1 Barreras para la incorporación de buses eléctricos en el Área Metropolitana de San José. 2
2.2 Modelos de negocios y mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos. 5
2.3 Representación gráfica de los modelos de negocio 9

3 Análisis de modelos de negocio y mecanismos de financiamiento en el actual y futuro sistema de transporte público de AMSJ. 10
3.1 Entorno 10
3.2 Situación actual: modelo de negocio y mecanismos de financiamiento 11
3.3 Modelo de negocio del AMSJ según el grado de separación vertical 24
3.4 Régimen Tarifario 25
3.5 Situación futura: Renovación de concesiones y políticas públicas de modernización 26
3.6 Política de descarbonización del sistema de transporte público modalidad autobús: análisis del marco normativo 31
3.7 Resumen de los componentes del modelo de negocio y mecanismos de financiamiento presentes en sistema de transporte público del AMSJ 38

4 Evaluación del Costo Total de Propiedad con distintas alternativas de financiamiento y análisis de sensibilidad. 39
4.1 Evaluación del Costo Total de Propiedad con distintas alternativas de financiamiento. 39
4.2 Consultas a fabricantes e instituciones financieras 47
4.3 Análisis de sensibilidad 50
4.4 Conclusión 53

5 Análisis de riesgos de la incorporación de buses eléctricos en el AMSJ. 54
5.1 Hallazgos encontrados para la definición de riesgos. 54
5.2 Riesgos de ingreso y costo de inversión (necesidad de mejorar la cobertura de riesgos) 54
5.3 Incertidumbre sobre la consolidación de las políticas públicas de modernización 57

6 Taller de presentación y discusión sobre conclusiones del estudio. 60
6.1 Planificación del taller 60
6.2 Desarrollo del taller 60
6.3 Discusión y retroalimentación 61
6.4 Conclusión 62

7 ¿Cómo viabilizar la implementación del artículo 28 de la Ley 9518 en el caso del AMSJ? 63
7.1 Consolidar las políticas de modernización, diseñar un plan de sustitución y desarrollo de infraestructura de carga 64
7.2 Disminuir el nivel de riesgo de ingreso y costo de financiamiento del sistema 66
7.3 Desarrollo de un modelo de negocio 68
7.4 Definición de la estrategia para evitar aumentos tarifarios 71

8 Conclusiones y recomendaciones 73

Cuadros

Cuadro 1: Barreras financieras y políticas identificadas y recomendaciones propuestas en CRUSA-PNUMA (2019) 2
Cuadro 2: Caracterización de los estudios. 6
Cuadro 3: Familias de modelos de negocio para la incorporación de buses eléctricos. 7
Cuadro 4: Riesgos de ingresos y costos en la operación de buses eléctricos y mecanismos de mitigación. 8
Cuadro 5: Actores claves en la industria de transporte público y su rol dentro del sistema..... 13
Cuadro 6: Costos operacionales y responsable de incurrirlos. 18
Cuadro 7: Requerimientos generales de la flota para el AMSJ. 20
Cuadro 8: Tipo de servicio por tipología. 21
Cuadro 9: Dimensiones exteriores y capacidades de los vehículos por tipología. 21
Cuadro 10: Planes de Modernización. 28
Cuadro 11: Composición de los sectores y subsectores. 30
Cuadro 12: Programa de sustitución de autobuses eléctricos. 32
Cuadro 13: Incorporación de autobuses eléctricos a las flotas de los sectores y subsectores según los sectores y subsectores del AMSJ. 33
Cuadro 14: Modificación de la flota según cumplimiento de la vida máxima de los autobuses según los sectores y subsectores del AMSJ. 34
Cuadro 15: Costos afectados por el VTAF. 36
Cuadro 16: Efecto de la electrificación en los costos variables. 36
Cuadro 17: Costos por bus componentes de inversión para buses eléctricos. 40
Cuadro 18: Costo por componente de inversión, según alternativa de financiamiento 40
Cuadro 19: Condiciones de financiamiento. 41
Cuadro 20: Condiciones de financiamiento, por componente de inversión, según alternativa 41
Cuadro 21: Cálculo de cuota anual de pago de crédito, por componente de inversión, según alternativa de financiamiento 42
Cuadro 22: Resumen de datos y cálculo de costos combustible, energía y mantenimiento. 43
Cuadro 23: Estimación del TCO, considerando todas las componentes de inversión 43
Cuadro 24: Estimación del TCO, considerando buses diésel Euro VI 44
Cuadro 25: Estimación del TCO, suponiendo entrega de infraestructura de carga sin costo para el operador de transporte 45
Cuadro 26: Precio de buses eléctricos según fabricante y largo del bus 48
Cuadro 27: Tasas de interés (% anual) ofrecidas por los bancos según escenario. 49
Cuadro 28: Variabilidad de parámetros para análisis de sensibilidad. 50
Cuadro 29: Análisis de sensibilidad: comparación de TCO bus eléctrico/diésel por modelo de negocio y percentil 52
Cuadro 30: Riesgo de ingreso y modelo de regulación de sistema de transporte público 56
Cuadro 31: Riesgo de costo de inversiones y modelo de financiamiento 57
Cuadro 32: Factores para fortalecer la viabilidad del artículo 28 de la Ley 9518 63
Cuadro 33: Principales recomendaciones de este estudio 74

Figuras

Figura 1: Marco analítico de modelos de negocio y de mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos 5

Figura 2: Representación gráfica de los modelos de negocio. 9

Figura 3: Tipo de explotación de los servicios de transporte público 14

Figura 4: Obligaciones de los concesionarios y permisionarios 17

Figura 5: Modelos tarifarios 26

Figura 6: Sobre la renovación 27

Figura 7: Análisis de componentes para el Área Metropolitana de San José. 38

Figura 8: Costo total de propiedad por alternativas de financiamiento 44

Figura 9: Costo total de propiedad sin costo de infraestructura de carga, alternativa de financiamiento 45

Figura 10: Costo total de propiedad considerando tasas de interés más bajas (3% y 2%), por alternativa de financiamiento 46

Figura 11: Costo total de propiedad con bus más barato (30% más bajo), por alternativa de financiamiento 46

Figura 12: Costo total de propiedad sin costo de infraestructura de carga, con tasas más bajas y buses más baratos, por alternativa de financiamiento 47

Figura 13: Gráfico de riesgos de ingreso y de costo de inversión 55

Figura 14: Capturas de pantalla de la presentación 60

Figura 15: Identificación de la zona segura 67

Figura 16: Movilizándose de una estructura informal a una formal 68

Figura 17: Modelo de negocios para el AMSJ: Separación vertical de autobús con ente estatal como suministrador de flota como modelo con mayor robustez 69

Figura 18: Estrategias de mitigación del impacto del VTF en la rentabilidad reconocida 72

Abreviaturas

AMSJ: Área Metropolitana de San José

ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos

CTP: Consejo de Transporte Público

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

INCOFER: Instituto Costarricense de Ferrocarriles

Ley 3503: Ley Reguladora Transporte Remunerado Personas Vehículos Automotores

Ley 7593: Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos

Ley 7969: Ley Reguladora del Servicio Público de Transporte Remunerado de Personas en Vehículos en la modalidad de Taxi

Ley 7600: Ley de Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad

Ley 9078: Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial

Ley 9518: Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico

Ley 6227: Ley General de la Administración Pública

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes

PGR: Procuraduría General de la República

VTAF: Valor Tarifario de la Flota

Presentación

El presente documento consiste en el “Desarrollo de una propuesta de estructuración financiera y legal para la electrificación de los autobuses de transporte público en el Área Metropolitana de San José de Costa Rica”. El mismo es el último entregable del quinto componente de “Desarrollo de instrumentos financieros que promuevan el despliegue de buses eléctricos” del proyecto “Dando el salto a los autobuses eléctricos en Costa Rica”. La autoría de este estudio pertenece al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y buscar brindar insumos técnicos que apoyen a la toma de decisiones.

El proyecto “Dando el salto a los autobuses eléctricos en Costa Rica” (“Leapfrogging to electric buses in Costa Rica”, en inglés) es ejecutado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y financiado por la Fundación Costa Rica Estados Unidos de América para la Cooperación (CRUSA). Este proyecto busca generar información técnica de utilidad y necesaria para la introducción y escalamiento de autobuses eléctricos en el transporte público del Área Metropolitana de San José (AMSJ).

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (en adelante, PNUMA) contrató a inicios de 2021 a los consultores Julio Briones Molina, ingeniero civil en transporte, y Sergio Valverde Fernández, abogado, con el fin de desarrollar una propuesta financiera y legal que permitiera definir las condiciones necesarias para la incorporación de buses eléctricos en el Área Metropolitana de San José. Esta propuesta procura fomentar la inversión, tanto pública como privada, en el sector. Además, basado en el análisis de riesgos legales, económicos, financieros y técnicos, los consultores elaboraron una guía de autoevaluación que puede ser replicada en otros sistemas de transporte en América Latina, con base en el presente caso de Costa Rica.

Ambos consultores han coordinado, con la aprobación de PNUMA, trabajar las propuestas de manera conjunta para asegurar que las propuestas financiera y legal sean consistentes entre sí. Este acuerdo fue aceptado por la contraparte técnica del PNUMA en una reunión sostenida por todas estas partes el día 26 de febrero de 2021.

Entregable:	Desarrollo de una propuesta de estructuración financiera y legal para la electrificación de los autobuses de transporte público en el Área Metropolitana de San José de Costa Rica *D11 Design of the financial instrument most appropriate in Costa Rican conditions*
Equipo PNUMA:	Julio Briones – Experto financiero Sergio Valverde – Experto legal Arturo Steinvorth – Experto técnico local Esteban Bermúdez – Coordinador de Mitigación de Cambio Climático Jone Orbea – Líder de Movilidad Eléctrica Fabrício Pietrobelli – Experto regional en movilidad eléctrica Marisol Centeno – Pasante en Mitigación de Cambio Climático
Revisión CRUSA	Juan Guillermo Murillo – Coordinador de Programas y Proyectos Carolina Rodríguez – Oficial de Proyectos
Fecha de entrega:	Junio 2021

1 Introducción

El sector de transporte es el principal emisor del país, con más de la mitad de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, así como el mayor consumidor de energía, casi en su totalidad proveniente de hidrocarburos. Una de las principales dificultades para lograr reducir los impactos ambientales es realizar la transición hacia autobuses eléctricos, que si bien son menos contaminantes y tienen costos de operación más bajos que los actuales buses de combustión interna (en adelante, buses MCI), su costo de adquisición es sustancialmente más elevado.

Los actuales mecanismos de financiamiento de buses de combustión interna y plazos de los contratos de concesión son inadecuados para la incorporación de los buses eléctricos. La política de descarbonización del transporte público modalidad autobús tiene como eje vertical el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050, el cual establece la meta de contar con un 30% de autobuses eléctricos en la flota total del país para el 2035 y un 85% para el 2050. En enero de 2018, mediante la Ley N°9518 de "Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico", se estableció la obligación, por parte de los operadores de transporte público modalidad autobús, de sustituir gradualmente la flota de autobuses diésel por eléctricos en una tasa de al menos 5% cada dos años, con previa autorización técnica y legal del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), de conformidad con viabilidad financiera y cuando las condiciones de las rutas de autobuses lo permitan. Así mismo, el Programa para un Sistema Integrado de Transporte Público Masivo para la Gran Área Metropolitana (SITGAM 2020-2035), plantea dentro de su eje de descarbonización las siguientes metas:

- Optimizar el sistema de transporte público modalidad autobús pasando de un modelo de líneas individuales a funcionamiento en sectores operativos.
- Cambiar la tecnología de las unidades de transporte público modalidad autobús, introduciendo autobuses eléctricos a un ritmo del 5% de la flota cada dos años.

Si bien es cierto la política de descarbonización ha establecido las metas de sustitución, y la obligación de sustituir autobuses diésel por eléctricos se encuentra estipulada en la ley, aún no se ha podido materializar una estrategia que permita la incorporación de autobuses eléctricos en el país y específicamente en el AMSJ. Por lo anterior, el objetivo de este estudio gira en torno a responder la siguiente pregunta: *¿Cómo hacer financieramente viable la implementación del Artículo 28 de la Ley 9518 para la incorporación de autobuses eléctricos para el AMSJ?*

Para dar respuesta a la pregunta anterior, se ha estructurado este informe en siete capítulos. Luego de este capítulo introductorio, en el capítulo 2 se presenta una revisión de estudios sobre barreras, modelos de negocios y mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos. A partir de esta revisión se identifica un marco analítico que se aplica en el capítulo 3 para el análisis de los modelos de negocios y mecanismos de financiamiento en el actual y futuro sistema de transporte público de AMSJ.

Luego, en el capítulo 4, se evalúa el costo total de propiedad ("*Total Cost of Ownership"*, en inglés) de las inversiones en buses eléctricos e infraestructura de carga y de operación y mantenimiento a lo largo de la vida útil de estos vehículos, considerando distintas alternativas de financiamiento. Esta evaluación permite identificar qué condiciones de financiamiento son claves para la incorporación de buses eléctricos en el Área Metropolitana de San José. Esta evaluación se complementa con un análisis de riesgos, presentado en el capítulo 5.

Las principales conclusiones de estos capítulos fueron presentadas en un taller dirigido a distintos actores de los sectores público y privado involucrados en planes de incorporación de buses eléctricos en San José. En el capítulo 6 se presenta la discusión que tuvo lugar en dicho taller. Por último, el capítulo 7 concluye presentando algunas respuestas y temas de discusión en torno a la pregunta sobre cómo viabilizar la implementación del artículo 28 de la ley 9518 en el caso del Área Metropolitana de San José, Costa Rica. El método utilizado para este estudio se basó en análisis financieros y legales, revisión de estudios y recolección de información por medio de entrevistas y consultas escritas (el listado de entrevistados se presenta en el Anexo 1 de este informe).

2 Revisión de estudios sobre barreras, modelos de negocio y mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos.

En este capítulo se presenta una revisión de estudios sobre barreras, modelos de negocio y mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos. A partir de esta revisión, se identifica un marco analítico que se aplicará en el capítulo 3 de este informe para el análisis del actual modelo de negocios del sistema de transporte público en el Área Metropolitana de San José y se evaluará si cumple con las condiciones necesarias para la incorporación de autobuses eléctricos.

2.1 Barreras para la incorporación de buses eléctricos en el Área Metropolitana de San José.

En el marco del proyecto "Dando el salto a los buses eléctricos en Costa Rica", ejecutado por PNUMA y financiado por Fundación CRUSA, se elaboró en 2019 el estudio de "Análisis y mitigación de barreras para el despliegue de autobuses eléctricos en Costa Rica". Los resultados de este trabajo son especialmente importantes porque provienen de 18 entrevistas realizadas a representantes de los operadores de transporte público, fabricantes de buses, empresas de energía, instituciones financieras, autoridades gubernamentales de transporte, energía y medio ambiente. En este estudio se identificaron barreras financieras, tecnológicas, políticas y de comunicación.

Las principales barreras con impacto financiero y político para la incorporación de buses eléctricos en el Área Metropolitana de San José, así como las correspondientes recomendaciones propuestas en este estudio se presentan a continuación (ver Cuadro 1). Las barreras están ordenadas de acuerdo con el número de menciones que recibieron por parte de los distintos actores involucrados (el número de menciones se indica entre paréntesis). El número máximo de menciones posible es 18.

Dado que existe un estudio de barreras con resultados provenientes de los principales actores de la industria, éste servirá de insumo para la validación de los resultados provenientes del marco analítico general.

Cuadro 1: Barreras financieras y políticas identificadas y recomendaciones propuestas en CRUSA-PNUMA (2019)

Barreras financieras	Recomendaciones
Modelo tarifario actual favorece uso de unidades diésel (15)	Creación de una comisión formada por los entes rectores y el ente regulador para desarrollar un modelo tarifario para transporte y electricidad que considere de manera integral factores que faciliten la introducción de autobuses eléctricos en el transporte público.
Modelos de negocios y opciones de financiamiento limitadas y desconocidas (13)	**Desarrollo de propuestas de distintos modelos de negocios y opciones de financiamiento adaptadas a la realidad costarricense que permitan la incorporación de buses eléctricos.**
Seguridad jurídica al sector (plazos de concesión, inversiones, reglas claras para renovaciones) (9)	Integración de actores del sistema bancario nacional e inversionistas privados en las conversaciones para la creación de condiciones y mecanismos financieros para la electrificación del transporte público.
Incertidumbre sobre modelo tarifario eléctrico y	Desarrollo de estudios técnicos con proyecciones sobre los precios futuros de la electricidad y los combustibles, que permitan obtener mayor certidumbre sobre los precios de estos insumos a futuro. Esto permitirá

reconocimiento de inversiones en infraestructura de carga (9)	crear escenarios de costos totales de propiedad para la toma de decisiones tanto en el sector público como en el privado.
Coyuntura del país en cuanto a deuda y capacidad de inversión (7)	
Alto costo de las unidades (3)	
Introducción de buses eléctricos sin contemplar posibilidad de subsidios para evitar subidas en tarifas (2)	
Mercado para inversión es pequeño y se encuentra fragmentado (2)	Desarrollo de proyectos concretos en transporte público que permitan atraer inversión privada y pública. Entre estos podrían considerarse la consolidación de empresas concesionarias para aumentar su tamaño y facilitar la atracción de inversiones al incrementar su escala.
Competencia contra servicios informales (1)	
Falta de consideración por parte del Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT) de impactos ambientales de distintas tecnologías vehiculares en transporte público (1)	Incorporación de condiciones de fomento para la movilidad eléctrica en los contratos de concesión de transporte público. Se debe diferenciar entre los vehículos de combustión interna y vehículos eléctricos, con el fin de demostrar cómo las empresas concesionarias se alinean con las metas gubernamentales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminación del aire, así como de consumo de energía.

Barreras Políticas	Recomendaciones
Políticas ausentes o deficientes para promover autobuses eléctricos en la flota (o integrales) (12)	Emisión de políticas integrales de movilidad, con el componente de electrificación del transporte público como una de sus líneas de acción, consensuadas en espacios de diálogo con la participación de todas las partes relevantes del sistema de transporte público modalidad autobús (entes rectores, ente regulador, empresas concesionarias, representación de usuarias, academia y centros de investigación y desarrollo de políticas en transporte, gobiernos locales, sector privado, Sistema Bancario Nacional, cooperación internacional)
Legislación y regulación desactualizadas pueden representar un riesgo para la introducción de autobuses eléctricos (12)	Estudio de la legislación y reglamentación actual, mediante grupos multisectoriales (Poder Ejecutivo, Poder Legislativo, sector privado y empresas concesionarias, entre otros) para identificar las necesidades de modificación de leyes y reglamentos que faciliten la creación de condiciones habilitantes para el despliegue de autobuses eléctricos.
Seguridad jurídica al sector (plazos de concesión, inversiones, reglas claras para renovaciones (9)	Elaboración de un plan de implementación gradual de la electrificación del transporte público, enmarcado dentro de las condiciones del Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030, en el cual se tomen en cuenta las diferencias regionales, aptitud de las rutas para electrificar, aptitud de la red eléctrica nacional y los circuitos locales, demanda de pasajeros y utilización de las unidades de transporte público
Falta de coordinación interinstitucional (7)	Estrategia de comunicación diferenciada por público meta para promover los beneficios y la importancia de la electrificación del transporte público para Costa Rica. Dentro de estos públicos es sumamente importante realizar sesiones de trabajo con la Asamblea Legislativa y los municipios con el fin de sensibilizarlos sobre el tema y obtener el liderazgo necesario de parte de estas personas para apoyar el despliegue de autobuses eléctricos
Estructura organizacional poco clara y confusa (5)	Oficialización e institucionalización de la movilidad eléctrica para el transporte público dentro de la organización gubernamental vía decreto ejecutivo, con roles, responsabilidades y recursos claros para la implementación de la electrificación del transporte público. Creación de un grupo oficial de trabajo, tanto a nivel técnico como a nivel de toma de decisiones, con representación fija de los entes rectores, reguladores y proveedores de electricidad, y con representación parcial de otros sectores como la población usuaria, las empresas concesionarias y agencias de cooperación técnica.

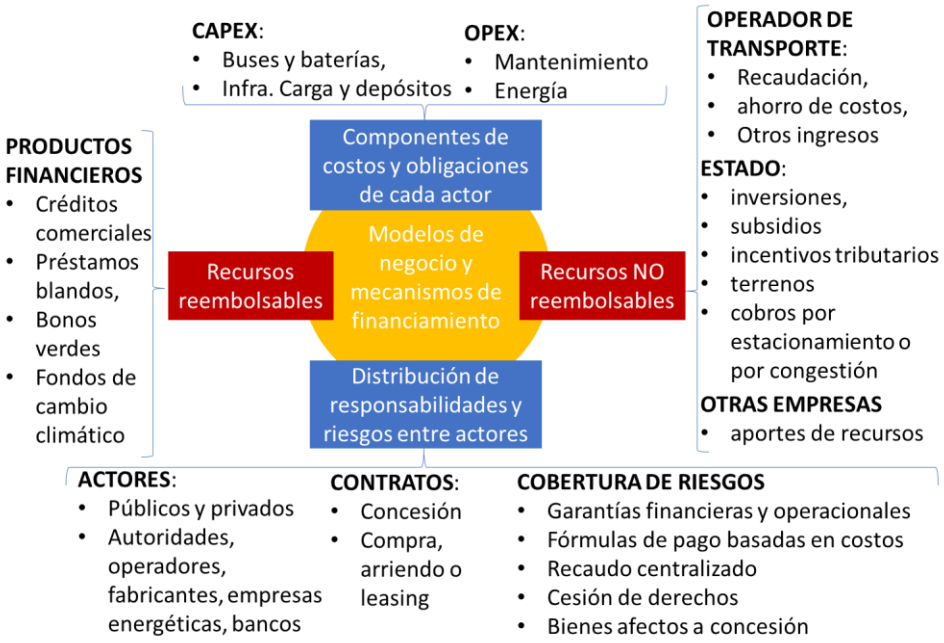
Barreras Políticas	Recomendaciones
	Creación en la estructura gubernamental actual de los entes rectores de un área dedicada a la movilidad eléctrica que se responsabilice por el componente de electrificación del transporte público
Débil liderazgo de los entes rectores (4)	
Factibilidad, planificación y aseguramiento de la red eléctrica nacional para que soporte la nueva demanda por transporte público (3)	
Distinción y gradualidad para la electrificación (2)	
Presiones políticas dificultan el trabajo técnico para crear las condiciones habilitantes (1)	
Poca experiencia en proyectos piloto a nivel nacional para probar la tecnología (1)	Consolidación del trabajo realizado por la Iniciativa de Electrificación del Transporte Público en modalidad autobús. Acompañamiento, por parte del Comisionado Nacional y de los grupos técnicos de trabajo de la IETP, a empresas concesionarias interesadas en introducir autobuses eléctricos en sus rutas. Creación de mecanismo a nivel regional de trazabilidad de la electricidad que se mueve por las redes eléctricas y se utiliza en la carga de autobuses eléctricos en el servicio de transporte público costarricense.
Competencia contra servicios informales (1)	

El presente trabajo se basó en la recomendación, señalada en la tabla anterior sobre desarrollo de propuestas de modelos de negocio y opciones de financiamiento. Además, se buscó la integración de los criterios de representantes de instituciones del sistema bancario nacional y de inversionistas privados a la discusión sobre cómo acelerar el proceso de incorporación de buses eléctricos en las empresas que operan en el Área Metropolitana de San José por medio del desarrollo de entrevistas y grupos focales.

2.2 Modelos de negocios y mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos.

Un marco útil para el análisis de modelos de negocio y de mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos es el desarrollado por el *World Resources Institute* (2017). Este marco fue desarrollado a partir de una investigación que consideró 22 casos de estudio en el mundo (Li et al, 2018). La siguiente figura presenta este marco de análisis.

Figura 1: Marco analítico de modelos de negocio y de mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos



Fuente: Elaborado a partir de WRI (2017), Li et al (2017) y GIZ (2019)

En la figura anterior se observa en el eje vertical los componentes de costos asociadas a la operación de buses eléctricos (arriba) y cómo se distribuyen las responsabilidades y riesgos de dicha operación entre los distintos actores (abajo). En el eje horizontal se presentan fuentes y mecanismos de financiamiento ya sean recursos no reembolsables (derecha) o reembolsables (izquierda).

Para fines de este estudio, se utiliza este marco analítico para clasificar los estudios realizados sobre la incorporación de buses eléctricos en el Área Metropolitana de San José y en otras ciudades de América Latina. Esta clasificación se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 2: Caracterización de los estudios.

Documento	Área geográfica de estudio	Componen-tes de costo	Recursos no reembolsables			Recursos reembolsa-bles	Distribución responsabilidades y riesgos	Análisis financiero	Riesgos
			Operador de transporte	Estado	Otras empresas				
BID (2018) Grüttter	AM San José	x	x				x		
World Bank (2019) Costos y tarifa	AM San José	x	x						
CRUSA-PNUMA (2020) Costos	AM San José		x						
GIZ (2020) Fondeo y financiamiento	Costa Rica			x	x				
GIZ (2019) Financial mechanisms	General			x		x	x		
GIZ (2018) y GIZ (2019) S. Pirnie	Costa Rica						x		
Orbea et al (2018) Procurement models	General						x		
UITP (2020) Guía licitación buses	General						x		
World Bank (2018) Blog	General						x		
GIZ (2021) Grütter (presentación)	AM San José							x	
BID (2020) Lima	Lima	x	x				x	x	x
Cepal (2019) México	México						x	x	

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se observan cuatro conjuntos de estudios. El primer conjunto corresponde a estudios que han sido desarrollados específicamente para el caso del Área Metropolitana de San José. En estos trabajos se analiza la tecnología de los buses eléctricos, sus componentes de costos y su comparación con los buses diésel. Además, se analizan los ingresos de los operadores y se evalúa si la operación con buses eléctricos generaría algún ahorro de costos con respecto a la actual operación buses diésel. En el trabajo BID (2018), desarrollado por el consultor Jurg Grütter además se presentan de manera general algunos mecanismos de financiamiento y modelos de negocio.

El segundo conjunto de estudios corresponde al análisis sobre fuentes de financiamiento de buses eléctricos, tanto recursos no reembolsables como reembolsables. El estudio de GIZ (2020) fue desarrollado para el caso específico de Costa Rica, mientras que el estudio GIZ (2019), tiene un alcance general. En el caso del estudio de GIZ (2020), se evalúan las oportunidades de generación de recursos adicionales provenientes de políticas de tarificación de estacionamientos en la vía pública, tarificación vial por congestión, incrementos en los impuestos a la propiedad del vehículo y a los combustibles. En un contexto actual de finanzas públicas deprimidas por la crisis económica derivada de la pandemia, estas oportunidades cobran relevancia. Son especialmente atractivas en términos de movilidad sustentable, porque permitirían recaudar recursos para la compra de buses eléctricos y, además, permitiría reducir la demanda de uso de transporte privado.

El tercer conjunto de estudios trata sobre distintos modelos de negocio para distribuir la responsabilidad y riesgo sobre cada uno de los componentes de costos asociadas a la operación de los buses eléctricos. De esta manera se han identificado cuatro familias de modelos de negocios, las que se presentan en el siguiente cuadro y se explican a continuación.

Cuadro 3: Familias de modelos de negocio para la incorporación de buses eléctricos.

			Grado de separación vertical de CAPEX								
		Sin separación	parcial 1			parcial 2			total		
	Componentes de costo		A	B	C	A	B	C	A	B	C
CAPEX	Buses	OT	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
	Infraestructura de carga	OT	OT	OT	OT	SE	SE	SE	SE	SE	SE
	Depósito (terreno)	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	SD	SD	SD
OPEX	Mantenimiento	OT	OT	SF	SF	OT	SF	SF	OT	SF	SF
	Combustible / Energía	OT	OT	OT	SF	OT	OT	SF	OT	OT	SF
	Operación	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT	OT
	Planificación y control	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT
	Recaudación	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT	OT/AT

Actores		
Operador de transporte	OT	inversiones con financiamiento de bancos o de empresas de energía
Suministrador de flota	SF	inversiones con financiamiento de bancos o de empresas de energía
Suministrador de energía	SE	inversiones con financiamiento de bancos o de empresas de energía
Suministrador de depósitos	SD	
Operador o autoridad de transporte	OT/AT	

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se presentan distintas familias de modelos de negocio para la incorporación de buses eléctricos. En cada modelo, los distintos componentes de costo pueden ser provistos por distintos actores: operador de transporte, suministrador de flota, suministrador de energía, suministrador de depósitos y autoridad de transporte. Esto permite asignar de mejor manera los riesgos del proyecto de los buses eléctricos. Las referencias donde se encuentran descritas estos modelos de negocios son las siguientes: Orbea et al (2018), UITP (2020), World Bank (2018), GIZ (2018) y GIZ (2019).

- Al primer modelo se le denomina “sin separación vertical”. Bajo este modelo, todos los componentes de inversión y costo son provistos por el operador de transporte. Una variante de este modelo es cuando las funciones de planificación y control y de recaudación son ejercidas por la autoridad de transporte o por alguna empresa contratada por ésta para tal efecto. Una ventaja de que la recaudación esté a cargo de la autoridad de transporte es que los recursos llegan primero a ésta. Esto permite que, si el operador de transporte acepta la cesión de derechos de una parte de su recaudación en favor de un tercero (por ejemplo, un banco), se reduzca la tasa de interés que se le cobra, porque será un sujeto menos riesgoso (el pago de la cuota del crédito está asegurado).
- La segunda familia de modelos se le denomina “con separación vertical parcial 1”. En estos casos, la inversión en buses es realizada por una empresa especializada, denominada “suministrador de flota”. Esta empresa puede endeudarse a un costo menor que el operador de transporte. Por tanto, este suministrador se encarga de la compra de la flota de buses y la entrega al operador de transporte por medio de un contrato de *leasing* (financiero u operacional). Dentro de este modelo hay algunas variantes. Los materiales de mantenimiento y provisión de la energía pueden ser adquiridos por el propio operador de transporte, o bien, ser provistos por el suministrador de flota. También, bajo este modelo se pueden dar las mismas variantes sobre las funciones de planificación y control y recaudación antes mencionadas.
- A la tercera familia de modelos se le denomina “con separación vertical parcial 2”. Esta familia es parecida a la anterior (“parcial 1”), pero con la diferencia que adicionalmente, la infraestructura de carga para los buses eléctricos es provista por el suministrador de energía. Al igual que el suministrador de flota, un suministrador de energía es una empresa con un menor costo de endeudamiento. Por tanto, podría financiar la construcción de esta infraestructura a un menor precio.

- La última familia de modelos se le denomina “con separación vertical total”. Es similar a la anterior (“parcial 2”), pero considera que todos los componentes de costo de capital son provistos por una empresa distinta al operador de transporte. En este caso, adicionalmente al modelo parcial 2, el depósito es provisto por una empresa especializada denominada “suministrador de depósito” (o plantel de buses). Así, tanto los buses, la infraestructura de carga y los depósitos quedan a cargo de empresas especializadas que le prestan la provisión de estos activos al operador de transporte.

El cuarto conjunto de estudios contiene trabajos en que se desarrollan análisis financieros de distintos modelos de negocio. Consideran distintas tasas de financiamiento dependiendo de cuál actor es el que realiza la compra de los buses. Así, los operadores de transporte en sistemas desregulados o regulados bajo concesión con contrato a costo neto (esto es, concesiones donde la recaudación es realizada por la misma empresa operadora de transporte) acceden a tasas de financiamiento más altas y plazos más breves que suministradores de flota respaldados con mayor capital y, por tanto, con mayor capacidad para endeudarse y menor riesgo de no pago.

Dentro de este cuarto conjunto, destaca el trabajo del BID (2020) sobre análisis de modelos de negocio y financiamiento de buses eléctricos para la ciudad de Lima, Perú. En este trabajo se presenta una lista detallada de riesgos políticos, económicos, tecnológicos y ambientales asociados a una operación de buses eléctricos. Dentro de esta lista, en este informe se profundiza en los riesgos que tienen impactos sobre los ingresos y costos diferenciales entre buses diésel y eléctricos (es decir, costo de financiamiento o *leasing* de buses, costos de baterías, costos de infraestructura de carga, costos de energía y de mantenimiento.) Además, dentro de este trabajo se presentan mecanismos de mitigación para cada uno de los riesgos. En el siguiente cuadro se presentan los riesgos asociados a ingresos y costos diferenciales y sus correspondientes mecanismos de mitigación.

Cuadro 4: Riesgos de ingresos y costos en la operación de buses eléctricos y mecanismos de mitigación.

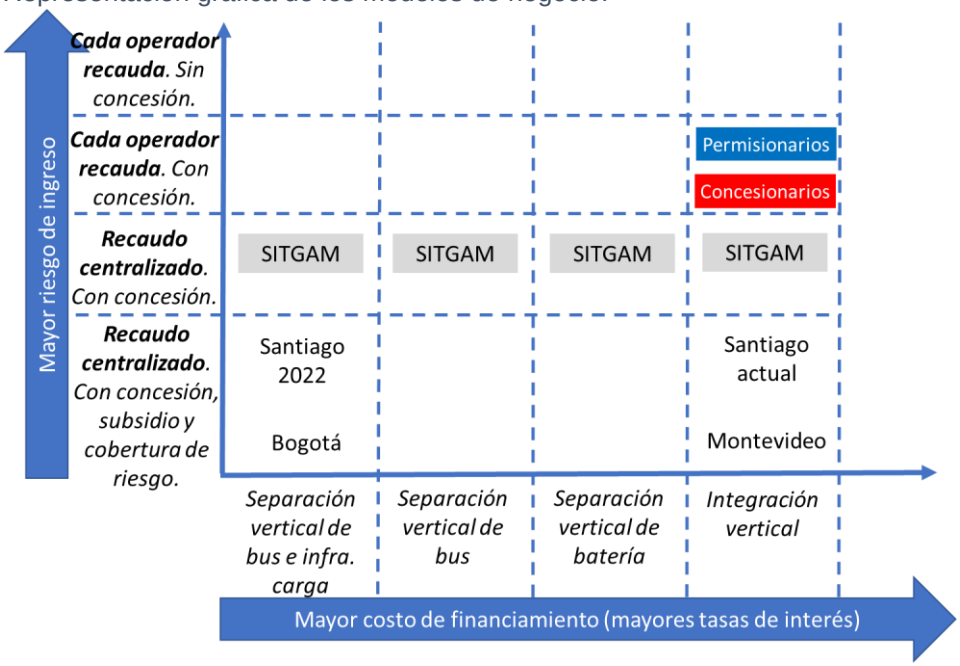
Riesgo	Mecanismos de mitigación de riesgos
Riesgo de disminución de ingreso por: • Caída en la demanda de pasajeros • Cambios en la tarifa a pasajeros	El Contrato debiera considerar el principio de restablecimiento del equilibrio económico de los operadores. De esta forma se puede compensar total o parcialmente al operador frente al riesgo de ingreso. También la fórmula de pago puede depender de otras variables como, por ejemplo, de los kilómetros operacionales. Pagos por ingresos mínimos garantizados.
Riesgo de aumento de costo de buses por: • Incremento en la tasa de financiamiento • Incremento en el tipo de cambio • Demora en la entrega	Operador o suministrador de flota debiera pactar un crédito con tasa fija durante todo el período de financiamiento. Operador o suministrador de flota debieran tomar seguro del tipo de cambio. Además, la variación del tipo de cambio debiera estar considerada en el cálculo de reajuste de tarifa técnica y a público. Operador debe exigir garantía de entrega de buses con castigo por incumplimiento.
Riesgo de costo de batería por: • Reemplazo • Reemplazo anticipado	El fabricante debe garantizar costo máximo y disponibilidad de batería al momento de reemplazo.
Riesgo de aumento de costo de infraestructura de carga por: • Demora en entrega	Dentro del contrato de construcción de la infraestructura se incluyan garantías de construcción y entrega de la obra con castigo por incumplimiento.
Riesgo de aumento de costo de energía por: • Incremento del precio de la energía • Caída en el rendimiento de la batería	Desde el inicio, el operador debe establecer un contrato de suministro de energía de corto, mediano y largo plazo.
Riesgo de aumento de costo de mantenimiento	El Operador debe solicitar el servicio en moneda local y se debe establecer el indexador a utilizar (puede ser el IPC).

Fuente: Elaboración propia a partir de BID (2020) Lima

2.3 Representación gráfica de los modelos de negocio

A partir de la revisión de estudios, se presenta el siguiente gráfico para representar distintos modelos de negocio para la incorporación de buses eléctricos.

Figura 2: Representación gráfica de los modelos de negocio.



Este gráfico tiene dos dimensiones. En el eje horizontal, se encuentra el grado de integración/separación vertical de las componentes de inversión de buses, baterías e infraestructura de carga. En el extremo derecho está el modelo de integración vertical. En este modelo, el operador de transporte es quien presta el servicio de transporte público, realizando las inversiones en los activos antes señalados. Este modelo es el que se presenta en el cuadro 3 bajo el título de "Sin separación". En el extremo izquierdo se encuentra el modelo de separación vertical de todas las componentes de inversión (buses e infraestructura de carga). En este modelo, un suministrador de activos se encarga de realizar estas inversiones y proveer estos recursos a un operador de transporte para que los utilice en la prestación del servicio. Este modelo es el que se presenta en el cuadro 3 bajo el título "con separación vertical total". En este gráfico se supone que el operador de transporte es una empresa de menor tamaño que el suministrador de activos y con un mayor costo de endeudamiento. Por tanto, a medida que se desplaza desde izquierda a derecha a lo largo de esta dimensión, el costo de financiamiento (esto es, las tasas de interés de los créditos) aumentan.

En el eje vertical, se encuentra la dimensión de la integración/separación vertical de la función de recaudación. El extremo superior corresponde a la situación donde la función de recaudación se encuentra integrada verticalmente. Cada operador de transporte se encarga de su propia recaudación. Dentro de esta situación se distinguen dos casos: el primer caso corresponde a uno en que el sistema de transporte público no se encuentra concesionado y, por tanto, existe fuerte competencia en la calle para captar pasajeros y tampoco hay barreras para entrar a este mercado. El segundo caso corresponde a un sistema concesionado, en que se ha otorgado el derecho exclusivo para explotar un servicio durante un período. Éste es el actual caso de los servicios de transporte público en el Área Metropolitana de San José. En el extremo inferior de esta dimensión se encuentra la situación en que la función de recaudación está separada verticalmente del operador de transporte, siendo ejercida por la autoridad de transporte, o bien, por alguna entidad

independiente del operador de transporte. Así, la función de recaudo queda centralizada. También en esta situación se distinguen dos casos: el primero, corresponde al de un sistema concesionado, mientras que en el segundo caso, además de contar con concesión, existen subsidios y contratos con distintos mecanismos de cobertura de riesgos. De esta forma, al desplazarse desde abajo hacia arriba a lo largo de esta dimensión, el riesgo de ingreso, elemento fundamental en la evaluación de las tasas de interés de créditos bancarios, aumenta.

Dentro de este gráfico se ha indicado la ubicación de los modelos de negocio presentes en algunas de las ciudades en las que se han incorporado recientemente buses eléctricos como Santiago (Chile), Bogotá (Colombia) y Montevideo (Uruguay). Se observa que estas ciudades se encuentran en la parte baja del gráfico, esto es, en sistemas con bajo riesgo de demanda porque cuentan con concesiones, subsidios y mecanismos de cobertura de riesgos. Algunas de estas ciudades tienen modelo de integración vertical de activos (como el actual sistema de Santiago y de Montevideo) mientras que las otras tienen modelo de separación vertical (como Bogotá y el futuro sistema de Santiago que se encuentra en proceso de licitación).

Dentro de este gráfico, también se ubica la situación actual y futura del sistema del Área Metropolitana de San José. El actual sistema se caracteriza por un modelo de integración vertical de las inversiones. Son los operadores de transporte quienes compran los buses con los que prestan el servicio. También, en la situación actual, cada operador se encarga de su propia recaudación. Se tiene entendido que, en la situación futura del sistema de transporte público, llamada SITGAM (Sistema Integrado de Transporte del Gran Área Metropolitana) se mantendría la integración vertical de los activos y se avanzaría hacia un sistema de recaudo centralizado.

En el siguiente capítulo se analiza con mayor detalle los modelos de negocio y mecanismos de financiamiento en el actual y futuro sistema de transporte público de San José.

3 Análisis de modelos de negocio y mecanismos de financiamiento en el actual y futuro sistema de transporte público de AMSJ.

3.1 Entorno

El transporte público modalidad autobús en Costa Rica tiene retos importantes para su sostenibilidad en el tiempo, el cual está experimentando una migración constante de los usuarios a otros modos de transporte.

Según la Encuesta Nacional de Percepción de los Servicios Públicos elaborada por la Contraloría General de la República, entre el 2015 y el 2018 el uso de vehículos privados aumentó de 28% a 41%, mientras que el de autobús disminuyó de 59% a 47%. Dicha encuesta dentro de sus conclusiones señala lo siguiente:

> *"…Si bien el 59% califica de forma positivo el servicio de transporte público, 1 de cada 4 personas consideran que el servicio de transporte ha empeorado. La calidad del servicio ha disminuido dada la infraestructura deficiente, el mayor uso del vehículo propio, el incremento en la cantidad de tránsito, entre otros aspectos..."* [1]

Recientemente, la ARESEP desarrolló una encuesta entre las personas usuarias[2], donde concluyeron que es uno de los servicios públicos peor calificados, donde la disponibilidad del servicio

[1] https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docsweb/enpsp-2018/transporte.html
[2] Usuarios evalúan el servicio de autobús, (ARESEP, 2021)

representa una de las principales deficiencias destacadas por las personas encuestadas, más específicamente debido a los retrasos de llegada del bus a la parada y los tiempos de espera entre autobuses. Por otro lado, destacan la ubicación de las paradas, disponibilidad de vueltos (por el uso de efectivo en el sistema), y la presentación de los choferes como los puntos más satisfactorios

Según el Plan Estratégico Sectorial 2019-2024 - Infraestructura y Transporte del MOPT, la inversión en infraestructura en el sector transporte no ha logrado superar el 2% del PIB durante la última década, y ha sido principalmente destinada a infraestructura de transporte por carretera, por lo que la inversión en transporte público ha sido relegada a un segundo plano. Dicho plan menciona lo siguiente:

> *"…Resulta oportuno comentar que parte importante del déficit actual en servicios de infraestructura y la limitación que ello representa para el crecimiento, el desarrollo y la sostenibilidad, es el resultado de las políticas aplicadas en las últimas décadas en relación con la creación, conservación y expansión de la infraestructura, lo cual se realizó con una marcada focalización hacia el transporte por carretera, dejando el desarrollo del transporte público como una segunda prioridad, lo cual ha ocasionado que cada día se sumen más y más usuarios al transporte en vehículos individuales, acrecentando la cantidad de vehículos en carretera y los apresamientos de tránsito en las vías públicas…"* [3]

A nivel operativo, actualmente no existe una jerarquización de rutas y en la gran mayoría de los casos todos los autobuses que operan en el AMSJ ingresan al centro de San José como punto terminal de todos los ramales que componen cada ruta. Sin embargo, bajo el contexto de las políticas de modernización se está desarrollando un sistema tronco-alimentado.

En cuanto a los efectos de la crisis COVID-19 en la industria, la ARESEP determinó que la disminución de pasajeros movilizados fue de un 47% entre los periodos 2019-2020 y 2020-2021[4]. Ante esto, los operadores contaron con la autorización de disminuir la frecuencia del servicio y el sistema financiero nacional readecuó las deudas, siendo éstas las dos principales medidas utilizadas para mitigar los efectos negativos de la pandemia en la industria. La misma ARESEP, en una encuesta efectuada a personas usuarias [5], estableció que durante la crisis COVID-19, dos de cada tres usuarios disminuyeron la frecuencia de uso, siendo esto más marcado en las mujeres (65% vs 56% en hombres) y en la zona urbana (66% vs 54% de rural).

Por otro lado, el periodo de las concesiones se encuentra próximo a vencer (septiembre 2021), por lo que el Estado ha dado inicio al proceso de renovación para las empresas interesadas. Sin embargo, al momento de publicación de este estudio, aún se encuentran en desarrollo.

3.2 Situación actual: modelo de negocio y mecanismos de financiamiento

Este subcapítulo toma como base el marco analítico general desarrollado en la sección 2.2 -Marco analítico de modelos de negocio y de mecanismos de financiamiento para la incorporación de buses eléctricos-, de modo tal que se pueda definir el modelo de negocio y los mecanismos de financiamiento presentes en el sistema de transporte público modalidad autobús del AMSJ.

Según dicho marco, se establecerá la distribución de responsabilidades y riesgos entre actores, los componentes de costos y quienes son los obligados en incurrir en ellos, así como los recursos reembolsables y no reembolsables utilizados para financiar al sistema. Adicionalmente, con base en la información anterior, se determinará cuál es el modelo de negocio según la separación vertical del CAPEX.

[3] Plan Estratégico Sectorial 2019-2024 Infraestructura y Transporte (MOPT, 2019)
[4] Oficio IN-0048-IT-2021 (ARESEP,2021)
[5] Usuarios evalúan el servicio de autobús (ARESEP,2021)

Por otro lado, dado que el sistema de transporte público en el AMSJ se encuentra en un proceso de modernización, se analizarán las principales políticas públicas -en adelante políticas de modernización-, de modo tal que se pueda determinar el nivel de riesgo y certeza jurídica con el que cuenta el sistema actualmente y a partir de la implementación de dichas políticas de modernización.

Por último, se analizará la política de descarbonización y en particular lo referente a la incorporación de autobuses eléctricos dado que ya se cuenta con una norma que establece la obligatoriedad de sustituir autobuses de combustión interna por eléctricos.

3.2.1 Distribución de responsabilidades y riesgos entre actores

Es usual que la explotación del servicio de transporte público sea materializado por un paquete único de compra, operación y mantenimiento, el cual puede ser por medio de compañías de autobuses estatales o las compañías operadoras privadas, las cuales se apegan a las condiciones establecidas en los contratos[6].

Ahora bien, según World Resources Institute, una de las principales innovaciones de los sistemas de transporte público con autobuses eléctricos, son las modificaciones que las ciudades o países y los operadores han introducido en sus mecanismos contractuales, donde se han incorporado nuevos actores que antes no formaban parte del sistema de transporte público, como las empresas de electricidad y los fabricantes[7]. Dado lo anterior, se puede encontrar también contratos separados de provisión y operación de activos, que permiten reasignar el riesgo entre distintos actores, como es el caso de Santiago de Chile, Bogotá o Cartagena, Colombia.

A continuación, se analizará la distribución de responsabilidades y riesgos, presentes en el sistema de transporte público del AMSJ.

- *Actores*

En el siguiente cuadro, se presentan los principales actores de la industria. En particular, cabe recalcar que el MOPT-CTP y la ARESEP ejercen competencias concurrentes principalmente de vigilancia, control y regulación, con el objetivo de garantizar la aplicación correcta de los servicios y el cumplimiento de lo establecido en el contrato de concesión y la normativa. Cada uno cuenta con su especialidad técnica, siendo el MOPT quien ostenta el poder de organizar y dirigir la manera cómo se brindará el servicio, y la ARESEP, el órgano que determina la política tarifaria.

[6] https://blogs.worldbank.org/es/voices/mi-autobus-es-tu-autobus-como-el-esquema-desagregado-de-provision-de-flota-puede-apoyar-los

[7] Current trends and innovations affecting the potential for a widespread adoption of electric buses — A comparative case study of 22 cities in the Americas, Asia-Pacific, and Europe (World Resources Institute, 2017)

Cuadro 5: Actores claves en la industria de transporte público y su rol dentro del sistema

Actor	Rol dentro del sistema
MOPT-CTP	El Consejo de Transporte Público (CTP) es un órgano con desconcentración máxima adscrito al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el cual otorga el derecho operacional de explotación del servicio. Adicionalmente, fija los parámetros bajo los cuales se va a prestar el servicio y desarrollar la concesión. Se encarga de la verificación y control del correcto cumplimiento de los términos bajo los cuales se ha otorgado el derecho operativo (concesión o permiso).
ARESEP	La Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos es una entidad descentralizada. Sus competencias se direccionan, en términos generales, a la fijación de precios y tarifas de una serie de servicios públicos que vienen expresamente referidos en la Ley No. 7593. Sin ser la Administración concedente, participa de manera activa en la definición, regulación y fiscalización de aspectos relevantes de la concesión de transporte colectivo y cuenta con potestades sancionatorias.
Persona usuaria	Es a quien se le destina el servicio público delegado y, por ende, quien representa el interés público a satisfacer. Ostenta el derecho genérico a que el servicio se brinde en condiciones de eficacia, eficiencia, igualdad, accesibilidad, adaptabilidad a las necesidades y con un costo económico congruente con los rubros necesarios y proporcionales para el mantenimiento de un servicio adecuado, acorde a las tarifas expresamente fijadas por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP).
Operador delegado	Concesionario o permisionario a favor de quien se otorga el derecho operacional. La asignación de ese título se realiza mediante la vía de la licitación pública, y se otorga por un plazo de 7 años, con posibilidad de renovarse. El derecho fundamental del concesionario es el de la ejecución del contrato y, por ende, del servicio público delegado, así como el mantenimiento del equilibrio financiero del contrato. Sus obligaciones vienen impuestas tanto por el respectivo contrato de concesión como por las normas que regulan dicha actividad prestacional.

Fuente: Resolución No. 00104 – 2017 Tribunal Contencioso Administrativo

- *Explotación del servicio: contrato de concesiones y permisos*

En Costa Rica, las concesiones pueden ser encargadas a personas públicas, privadas o mixtas. Para el caso de la modalidad autobús y taxi, son otorgados a empresas o personas privadas, mientras que la actividad ferroviaria es ejercida por el Estado por medio del Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER).

El transporte público es una industria altamente regulada por el Estado, el cual cuenta con la titularidad de la explotación del servicio[8]. Actualmente, el 100% del servicio se presta de manera indirecta por empresas particulares, mediante dos figuras establecidas en el artículo 3 de la Ley 3503: Concesión o Permiso (ver figura 3). Sus diferencias principales son: i) el plazo de prestación del servicio (siete años para la concesión y tres años para el permiso), ii) la posibilidad de renovación para las concesiones o prórroga para el caso de los permisos, iii) los derechos subjetivos que se confieren al concesionario y no al permisionario, iv) la posibilidad de revocación de los permisos y no así de las concesiones, v) el proceso para otorgar cada uno de ellos, y vi) los requerimientos para contar con el título habilitante.

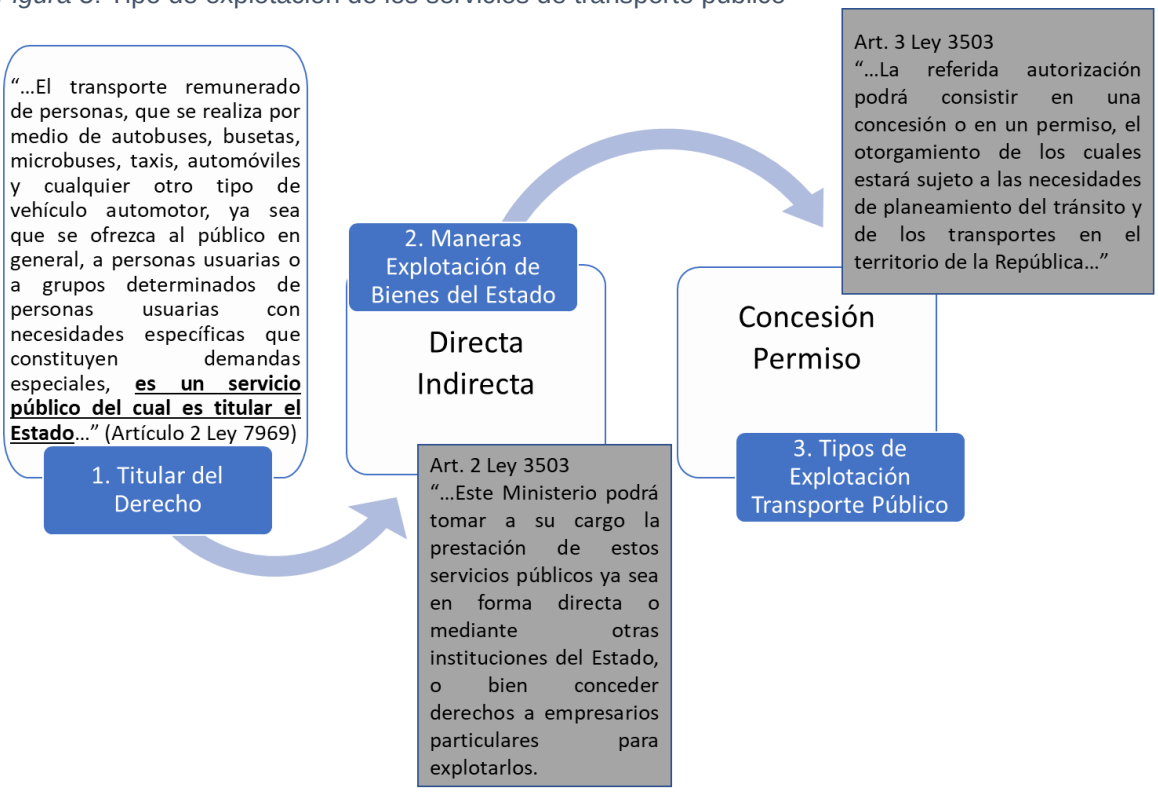
Las concesiones se encuentran reguladas en el artículo 21 de la Ley 3503, el cual se analizará en detalle en la sección 3.5.1 - Renovación de las concesiones del presente documento. Los permisos, por su parte, tienen su principal fundamento en el Artículo 25 de la Ley 3503, el cual establece:

> *"…Para los efectos de la presente Ley, los permisos se clasifican en dos modalidades:*
> *a) Los permisos para servicios especiales de estudiantes, trabajadores y turismo.*
> *b) Los servicios de operación de líneas regulares, nuevas o existentes. Los que se concederán excepcionalmente y por un plazo de tres años, mientras se preparan los procesos licitatorios tendientes a otorgar las concesiones, con arreglo a esta Ley y las*

[8] Artículo 2, Ley No.3503

disposiciones conexas, se resuelven las impugnaciones, se adjudican en firme los concursos y entran en plena operación los concesionarios adjudicatarios…"

Figura 3: Tipo de explotación de los servicios de transporte público



Fuente: Elaboración propia a partir de las leyes no.7969 y no.3503

- *Coberturas de riesgos*

Los autobuses eléctricos, al ser una tecnología emergente, tienen un precio mayor respecto a tecnologías que utilizan combustibles fósiles, lo cual se incrementa si se toma en cuenta la infraestructura de carga[9]. Por esta razón, se efectuará un análisis de diferentes mecanismos de coberturas de riesgos utilizadas para la consecución de recursos reembolsables de bajo costo y cuáles de ellas se encuentran presentes en el sistema de transporte público del AMSJ.

- Garantías privadas y públicas

En Costa Rica el financiamiento para el transporte público proviene en su gran mayoría de la banca comercial, por lo que las garantías más frecuentes son las privadas, que pesan sobre el mismo vehículo como las prendarias. En algunos casos las garantías hipotecarias sobre los planteles de autobús como la creación de fideicomisos entre los operadores y los bancos, han sido utilizados para lograr financiar autobuses.

Para el transporte público modalidad autobús no se han utilizado las garantías soberanas ya que existe una imposibilidad legal de otorgarla a personas físicas o jurídicas de capital privado[10]. Cabe destacar que todos los créditos que cuenten con estas garantías requieren de la aprobación de la

[9] Current trends and innovations affecting the potential for a widespread adoption of electric buses — A comparative case study of 22 cities in the Americas, Asia-Pacific, and Europe (World Resources Institute, 2017)
[10] Artículo 16, Ley de la Administración Financiera de la República y Presupuestos Públicos

Asamblea Legislativa, lo que dificulta el acceso a ellas dado que requiere del consenso de diferentes actores políticos.

Un caso particular para resaltar es el "Fondo de Financiamiento del Transporte Colectivo Urbano de Montevideo", el cual es constituido con base en los aportes de los operadores privados y es administrado por la Intendencia Municipal de Montevideo[11]. Este fondo permite lo siguiente:

- Financiar la incorporación de nuevas tecnologías en el transporte público de pasajeros
- Cancelar pasivos financieros de las empresas de transporte
- Financiar la reestructuración de las empresas de transporte
- Cancelar deudas que fueran contraídas por el Fondo para atender los objetivos anteriores

Dicho fondo ha funcionado como fideicomiso de garantía para la emisión de títulos representativos de deuda. Dada su baja calificación de riesgo, ha permitido financiar diversas inversiones como la reciente incorporación de alrededor de 30 autobuses eléctricos en Montevideo[12]. Adicionalmente, se redireccionó el subsidio total del diésel que recibe un autobús durante su vida útil para cubrir la diferencia entre los precios de ambas tecnologías[13]

- <u>Fórmulas de pago basadas en costos</u>

Consiste en diversificar las fuentes de ingreso, donde la autoridad de transporte estima el ingreso del operador en función del número de pasajeros transportados, kilómetros recorridos o una combinación de estas u otras variables de desempeño.

Un ejemplo de lo anterior se da en Ciudad de México, donde para la mayoría de los operadores, la remuneración es una función de los kilómetros recorridos por la flota y el riesgo de demanda se le asigna a la Secretaría de Movilidad del Gobierno de la Ciudad de México. Ahora bien, para algunos operadores, la remuneración depende del kilometraje y de la demanda, por lo que el riesgo es compartido[14]. En Costa Rica no existen este tipo de coberturas de riesgo de ingreso.

- <u>Recaudo centralizado y cesión de derechos</u>

Permite que la tarifa pueda ser distribuida entre los actores, sin que sea el operador el encargado de efectuar los pagos correspondientes. Los ingresos por tarifa se pueden distribuir en términos porcentuales o absolutos según se establezca en un contrato de concesión o acuerdo privado, por lo que disminuye el riesgo de fluctuaciones en la demanda o bien no pago por parte del recaudador -operador para el caso de Costa Rica-.

Actualmente, en Costa Rica, el recaudo centralizado está en proceso de implementación, mediante el desarrollo de un plan piloto para el servicio del tren y próximamente para los autobuses; sin embargo, actualmente se continúa pagando en efectivo directamente al conductor. En la sección 3.5.2 Políticas de modernización, se brindarán mayores detalles. Al no existir el pago centralizado, tampoco se ha implementado la figura de la cesión de derechos de la tarifa, sin embargo, no existiría ningún impedimento legal ni sería necesario efectuar modificaciones a la normativa para que se implemente.

- <u>Bienes afectos a la concesión</u>

---

[11] Decreto de la Junta Departamental (JDM) No. 30.598 de fecha 18/12/2003

[12] Actualización de la calificación de riesgo de títulos de deuda a ser emitidos por el fideicomiso financiero denominado "Fondo de Financiamiento del Transporte Colectivo Urbano De Montevideo V", CARE Calificadora de Riesgo, Marzo 2021

[13] https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/noticias/se-amplia-flota-omnibus-electricos-uruguay

[14] Análisis Comparativo de Modelos de Concesión del Transporte Público, Global Green Growth Institute (GGGI)

Los bienes afectos a la concesión se han utilizado en Chile con el objetivo de garantizar que los bienes muebles e inmuebles necesarios para la prestación básica del servicio se mantengan adscritos al sistema de transporte público[15], según sea establecido en la licitación o contrato de concesión.

El principal beneficio es que cada vez que se ponga término a la concesión de un operador por cualquier causal, dichos bienes serán inmediatamente transferidos al nuevo prestador de servicio. Para el cumplimiento de lo anterior, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de ese país lleva un registro de los bienes que estarán afectados los cuales no podrán utilizarse para otro fin, aunque sean objeto de enajenación, transferencia o gravamen, salvo que sean desafectados.

En Costa Rica, la afectación de bienes se encuentra regulada de manera general para aquellos de dominio público, los cuales no pertenecen individualmente a particulares y están destinados a un uso público y sometidos a un régimen especial, fuera del comercio de los hombres[16], por lo que no pueden ser objeto de posesión, son inembargables, no pueden hipotecarse, ni ser susceptibles de ningún tipo de gravamen.

Los bienes afectos a la concesión es una figura que no se encuentra presente dentro del marco regulatorio, pero que resulta ser una garantía interesante, en especial, para brindarle mayor certeza jurídica a la figura de la separación vertical por medio de suministradores de flota.

3.2.2 Componentes de costo: obligaciones del operador y el Estado

El sistema de transporte público de Costa Rica opera bajo el principio de servicio al costo, por lo que los operadores están obligados a incurrir en aquellos costos que están presentes en la ley y los contratos de concesión, los cuales, son reconocidos en la tarifa que pagan los usuarios. A continuación, se analizarán cuáles son estos costos y quién está en la obligación de incurrirlos.

Esta sección servirá como base para analizar el modelo de negocios que existe en el AMSJ, según el grado de separación vertical del CAPEX.

- *Obligación de los operadores*

Existen dos tipos de obligaciones de los concesionarios y permisionarios: i) las generales que son aplicables a todas las empresas, las cuales se encuentran en la normativa, y ii) las particulares, definidas en el contrato de concesión, que dependen de las condiciones de cada ruta concesionada. Por lo tanto, las obligaciones del operador no están limitadas únicamente a lo establecido en el contrato[17].

Es de resaltar que el Estado tiene la potestad de crear normas con posterioridad al otorgamiento de la concesión, siempre y cuando no afecten el equilibrio financiero de las empresas y, por lo tanto, deben ir acompañadas de ajustes tarifarios (figura 4).

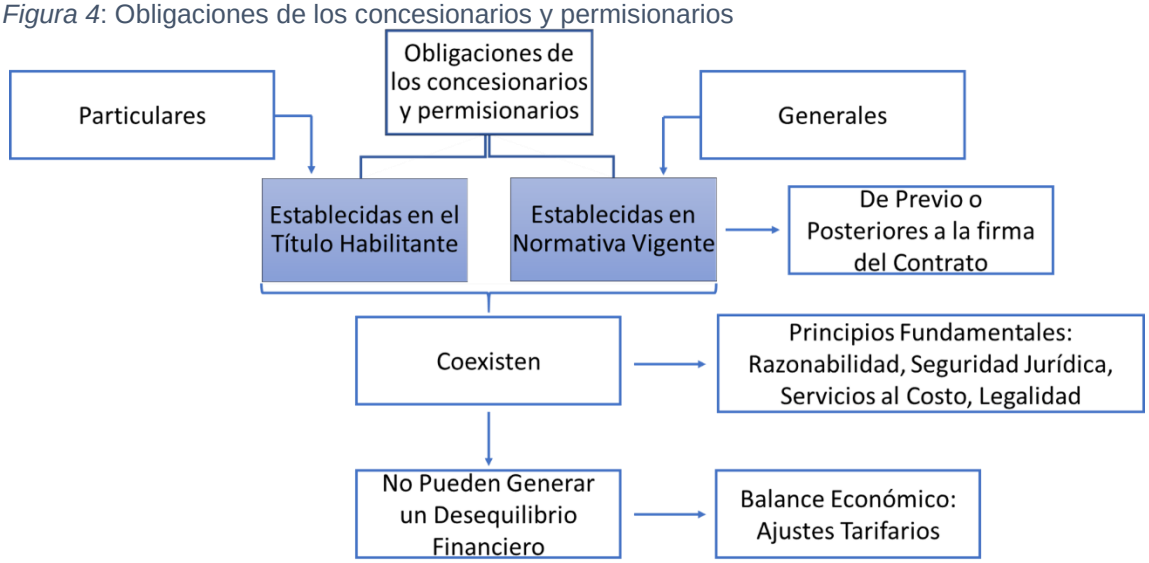
Para el caso de los permisionarios, las obligaciones están establecidas en el acto administrativo que formaliza el permiso y, al igual que los concesionarios, están sujetos a toda la normativa aplicable.

Las principales obligaciones generales de los operadores se encuentran en los Artículos 17 de la Ley 3503 y 14 de la Ley 7593, leyes específicas a la industria, y también en algunas leyes que tienen una relación tangencial, como la Ley 7600 y la Ley de Tránsito. Como se verá próximamente, en

[15] Esta figura está creada por el artículo 3 de la Ley 18696, y reglamentada por el decreto 192, denominado como Reglamento sobre el registro de bienes afectos a la concesión de uso de vías.
[16] Resolución No. 2000-10652, Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia
[17] Resolución No. 00104–2017 del Tribunal Contencioso Administrativo

función al principio de servicio al costo y equilibrio financiero, toda obligación que genere costos operativos o de inversión para los operadores debe estar reconocido en la tarifa.

Figura 4: Obligaciones de los concesionarios y permisionarios



Fuente: Elaboración propia a partir de la resolución No. 00104 – 2017 del Tribunal Contencioso Administrativo y las leyes No.3503 y No.7593

A continuación, se establecerán las obligaciones de los operadores estipuladas por ley y por ende las generadoras de gastos de operación (OPEX) y de inversión (CAPEX). Esta información servirá de insumo para determinar el modelo de negocios según la separación vertical en función a lo estipulado en el marco conceptual

- *Gastos de operación (OPEX)*

Los gastos operacionales se encuentran definidos por el régimen tarifario con base en el principio del servicio al costo, y por ende, al ser los que se encuentran reconocidos para el cálculo de las tarifas, son los que debe incurrir el operador. A continuación, se establecerán los costos operacionales.

Cuadro 6: Costos operacionales y responsable de incurrirlos.

Categoría	Componente del costo	Responsable
Costos operacionales	**Costos variables:** ● Costo por consumo de combustible ● Costo por consumo de llantas ● Costo por consumo de aceite de motor ● Costo por aceite de caja de cambios ● Costo en aceite para diferencial ● Costo por líquido para frenos ● Costo por grasa ● Costo de consumo de filtros de combustible ● Costo por consumo de aceite hidráulico ● Costo por consumo de baterías **Costos fijos:** ● Costos en personal de operación y mantenimiento ● Costos por los salarios de los choferes ● Costos por los salarios de los despachadores o chequeadores ● Costos por los salarios de los mecánicos ● Costos en personal administrativo ● Gasto en derecho de circulación ● Gasto en seguro voluntario ● Gasto en la inspección técnica vehicular ● Gasto en canon ARESEP ● Gasto en canon CTP ● Gasto en pago de peaje y/o transbordador ● Costos en repuestos y accesorios ● Otros gastos ● Costos del sistema automatizado de pago electrónico y seguridad ● Costos de los estudios de calidad del servicio ● Costos de infraestructura de apoyo al servicio de transporte público ● Costo por limpieza y lavado de vehículos y de motor En cuanto al mantenimiento de los autobuses, es responsabilidad del operador cumplir con las condiciones de eficiencia, seguridad, comodidad e higiene, que se exija al concesionario en la prestación del servicio.	Operador
Planificación y control	Artículo 17 de la Ley 3503, establece que es obligación del operador, realizar el transporte en toda la ruta especificada en la concesión y efectuar el recorrido conforme a los horarios e itinerarios aprobados. Tanto el recorrido como los itinerarios se encuentran definidos en el contrato de concesión[18] y el operador no podrá modificarlos sin previa autorización del CTP. Ahora bien, a nivel operativo, en cuanto a la asignación de la flota y conductores por ruta, es asumido por el operador.	Operador y CTP
Recaudación	Dado que el pago es en efectivo, el recaudador es el operador. El operador está en obligación de llevar la contabilidad según las normas contables, efectuar reportes estadísticos en cuanto a la movilización de pasajeros y viajes totales efectuados, y enviársela a la ARESEP	Operador

Fuente: Elaboración propia a partir de Modelo tarifario ordinario y las leyes 3503 y 7593

[18] Para el caso de los concesionarios es el contrato de concesión refrendado por la ARESEP y para los permisionarios el acuerdo de la Junta Directiva del CTP.

- *Compromisos de inversión (CAPEX)*

Infraestructura

Los compromisos de inversión en infraestructura no se encuentran definidos con exactitud dentro de la normativa y requiere de una mayor claridad en la regulación. Dentro de la infraestructura desarrollada por el operador destacan, principalmente, los depósitos (denominados planteles) y en menor medida, terminales de autobuses e infraestructura de apoyo.

En cuanto a los depósitos, si bien no existe una normativa expresa que defina dicha obligación y las condiciones con las que deben contar, sí se encuentran reconocidos en la tarifa y en el AMSJ la gran mayoría de operadores cuenta con uno.

Dentro del marco del proceso de renovación de concesiones, se evalúa la infraestructura con la que cuenta el operador, contemplando la necesidad de contar con planteles que cuenten con las siguientes áreas: i) estacionamiento, ii) reparaciones, iii) bodegas, iv) oficinas, v) operación y recreación, y vi) servicios. Adicionalmente cabe destacar que la gran mayoría de operadores del AMSJ cuentan con su propia estación de combustible.

Actualmente, la ARESEP se encuentra en proceso de finalización de un estudio para determinar el valor actual de la inversión en terrenos, instalaciones, edificios, maquinaria y equipo para la prestación del servicio, que brindará mayor claridad sobre el tipo de infraestructura que tarifariamente está siendo reconocida, dado que actualmente el cálculo tarifario que reconoce estas inversiones se efectúa en función de una proporción del valor total de la flota

Respecto al desarrollo de terminales e infraestructura de apoyo, el artículo 9 de la Ley 3505 insta a las municipalidades a acondicionar terrenos y administrar la explotación de terminales. Sin embargo, no es claro sobre quién recae la obligación de efectuar estas inversiones y en la actualidad para el AMSJ, el desarrollo de esta infraestructura es escasa y efectuada, en algunos casos, por inversionistas privados, operadores y municipalidades.

Flota

La inversión en la flota de autobuses sí cuenta con una regulación más robusta. El artículo 16 de la Ley 3503, establece que la concesión de una línea lleva implícitamente la obligación de poner en servicio los vehículos que sean necesarios para cumplir eficientemente todos los requerimientos del transporte. Así mismo, el artículo 17 de la misma ley, determina la obligación del operador de sustituir los vehículos que, temporal o definitivamente, se retiren del servicio, por otros de capacidad igual o mayor, características idénticas y calidad igual o mejor. Por lo anterior, el operador se compromete a contar con una flota de autobuses definida en el contrato de concesión y sustituir las unidades que hayan cumplido con su vida máxima.

La flota para el AMSJ debe cumplir con las siguientes características generales:

Cuadro 7: Requerimientos generales de la flota para el AMSJ.

Vida Máxima	Para ruta regular: antigüedad superior a los 15 años contados a partir de su fecha de fabricación[19]. Permisionarios de servicios especiales: la vida máxima es de 20 años, por lo que se ha convertido en un mercado receptor de autobuses con una antigüedad mayor de los 15 años. Adicionalmente, existe la posibilidad de carrozar autobuses en el país, en donde la vida máxima está determinada por el chasis. Cuando fuese nuevo, la vida máxima autorizada se contabilizará a partir del año de inscripción en el Registro Nacional. Si el chasis es usado, la vida máxima se contabilizará desde su fecha de fabricación[20].
Tecnología	El contrato de concesión establece que los autobuses modelo 2015 o superiores que se incorporen a la flota autorizada deben ser mínimo EURO III[21], sin embargo, define que en el momento en que se cumplan los requisitos técnicos que el MINAE determine necesarios para que EURO V pueda funcionar en el país eficientemente, los requisitos mínimos de EURO III pasarán a EURO V. En el 2018, se creó la Ley 9518 la cual en su artículo 28 estableció que los autobuses diésel deben ser sustituidos por eléctricos de manera paulatina, sin embargo, no ha sido implementado. Las condiciones para su implementación serán definidas la sección 3.6 Política de descarbonización del sistema de transporte público: análisis del marco normativo Cabe mencionar que actualmente no se exige cumplir con los estándares de emisiones EURO VI, lo que ocasiona que el diferencial de precios entre un bus diésel y uno eléctrico sea mayor.
Capacidad	Para el caso del AMSJ se permiten autobuses con una capacidad no menor a 44 personas sentadas más el chofer. El artículo 2 inciso 7, de la Ley de 9078 define como autobús al vehículo automotor destinado al transporte masivo de personas cuya capacidad sea para más de cuarenta y cuatro pasajeros sentados, independientemente de los pasajeros que pueda transportar de pie.

Fuente: Elaboración propia

Recientemente, la Junta Directiva del CTP aprobó el estudio “Definición de tipologías de autobuses para el transporte público de Costa Rica” (GIZ, 2020)[22], el cual define la tipología de autobús requerido según las características de la ruta de la siguiente manera:

[19] Artículo 2, Reglamento de Vida Máxima Autorizada para las Unidades de Transporte Colectivo Remunerado de personas y Servicios Especiales
[20] Artículo 7, Reglamento de Vida Máxima Autorizada para las Unidades de Transporte Colectivo Remunerado de personas y Servicios Especiales
[21] Contrato de concesión periodo 2013 - 2021
[22] Acta Junta Directiva sesión 34-2021 del 6 de mayo del 2021

Cuadro 8: Tipo de servicio por tipología.

Características del servicio											
Tipología autobuses		Servicio urbano				Servicio Interurbano					Servicio Rural
		Troncal		No troncal		Corto		Medio			Rural
		Plano	No plano	Plano	No plano	Plano	No plano	Plano	No plano	Largo	
Alta capacidad	Articulado	X									
	Biarticulado	X									
	De un cuerpo	X	X	X	X						
	Doble Piso (U)*	X		X							
	Doble piso (I.U) **									X	
Convencional				X	X						X
Microbús				X	X						
Buseta				X	X						X
Interurbano 1						X	X	X	X		
Interurbano 2										X	

* (U)* Urbano, (I.U)** Interurbano

Fuente: Definición de tipologías de autobuses para el transporte público en Costa Rica (GIZ, 2020)

Cuadro 9: Dimensiones exteriores y capacidades de los vehículos por tipología.

Tipología	Capacidad de aproximado de pasajeros (personas sentadas y de pie donde aplique)		Longitud (m)		Altura máxima de la unidad (m)	Radio de giro (proyección de la carrocería)	Ancho máximo (m)
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo		Máxima en cm	
Microbús	9	25	6	7.5	4.1	1050	2.6
Buseta	26	44	>7.5	9			
Convencional	45	80	>9	13		1250	
Interurbano corto y media distancia	45	69	>9	13		1250	
Interurbano larga distancia	45	69	>9	14		1300	
Alta capacidad (un cuerpo)	80	120	>13	16.3		1300	
Alta capacidad Articulados	160	190	18	20		1400	
Alta capacidad biarticulados	230	230	26	31		1400	
Alta capacidad doble piso urbana	50	130	10	14	4.3	1300	
Doble piso interurbano	50	130	10	14			

Fuente: Definición de tipologías de autobuses para el transporte público en Costa Rica (GIZ, 2020)

Para el AMSJ, la principal novedad, es la posibilidad de incorporar dentro de los esquemas operativos tipologías de vehículos que se ajustan a la demanda y recorridos, de modo que se optimicen las inversiones. La introducción de estas nuevas tipologías deberá ir de la mano con la implementación de la sectorización la cual busca convertir el sistema actual de rutas independientes entre sí, en uno tronco alimentado.

3.2.3 Recursos: reembolsables y no reembolsables

Como se ha indicado, el alto precio de los autobuses eléctricos es el principal reto para la incorporación de este tipo de tecnología en el sistema de transporte público. Para ello, es fundamental que los recursos con los que opta el sistema sean variados y de bajo costo.

A continuación, se analizan distintas fuentes de recursos con los que cuenta el sistema, divididos en dos categorías (recursos reembolsables y no reembolsables), así como la presencia de éstas en el sistema de transporte público del AMSJ.

Recursos reembolsables

Bonos verdes y préstamos en condiciones favorables

Una forma complementaria de cubrir las inversiones de buses eléctricos e infraestructura de carga es por medio de recursos reembolsables, esto es, bonos y créditos. En el estudio de Li et al (2017) se observan dos casos de financiamiento de menor costo. El primero es el uso de bonos verdes que pueden financiar la compra de los autobuses eléctricos, como en el caso de Tianjin en China. En el segundo caso es el de Curitiba, donde el Banco de Desarrollo de Brasil (BNDES) concedió préstamos en condiciones favorables a los operadores que adquirieron autobuses híbridos fabricados en el país. También en el caso de Bogotá, se utilizó un préstamo climático internacional del Fondo de Tecnología Limpia para proporcionar préstamos en condiciones favorables a través de una serie de intermediarios (Bancoldex, un banco de desarrollo estatal en Colombia, y luego a través de bancos comerciales) que finalmente llegaron a los operadores que utilizaron esta fuente de financiación para comprar sus autobuses híbridos.

En AMSJ, a la fecha, ningún proyecto de desarrollo de infraestructura o adquisición de flota para el caso transporte público modalidad autobús ha sido financiado por este tipo de créditos. El caso más próximo de financiamiento vía créditos multilaterales es el del Tren Eléctrico Metropolitano, el cual se realizaría por medio del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) y cuenta con garantías soberanas y subsidios, los cuales están siendo definidos al momento de publicación de este estudio.

Créditos comerciales

Es el mecanismo como se suele financiar comúnmente la adquisición de autobuses e infraestructura por parte de los operadores, ya sea por medio de la banca privada o pública

Recursos no reembolsables

Aportes estatales

- **Subsidios a costos de inversión u operación**

En Costa Rica existen exoneraciones de impuestos, pero no una política de subsidios, lo cual es un reto para el país dadas las condiciones macroeconómicas agravadas por la pandemia y la necesidad que deben ser creados por ley, por lo que requieren de voluntad política de diversos actores.

Los esquemas de subsidios estatales han sido un mecanismo requerido por gran parte de los países latinoamericanos para la financiación de sus sistemas de transporte público tradicionales, es decir, han sido una necesidad de los sistemas incluso antes de entrar en discusiones de electrificación. Sobre el particular, un estudio publicado por el BID (2015) menciona que una de las consecuencias de las dificultades financieras que los operadores privados enfrentan ha sido el "aumento de la carga financiera para el Estado, que al tratarse de servicios de primera necesidad se ve forzado a aumentar subsidios o recurrir a recursos no contemplados para cubrir déficits financieros creados por las falencias de algunos de los operadores"[23].

Ahora bien, el estudio de casos de incorporación de buses eléctricos en 22 ciudades desarrollado por Li et al (2017) identifica una clara tendencia a utilizar subsidios por parte del Estado. Los autores identifican la aplicación de dos tipos de subsidios: (1) subsidio al mayor gasto de capital (CAPEX) asociado a la inversión tanto en buses eléctricos como en infraestructura de carga, así como también (2) subsidio a los gastos operacionales (OPEX) debido a la mayor incertidumbre sobre los costos de este tipo de tecnología. También Li et al (2017) observan que estos subsidios pueden ser asignaciones directas de recursos monetarios, exenciones tributarias, o aportes de recursos físicos como terrenos, infraestructuras, etc.

Li et al (2017) plantean la hipótesis que, dado que todos los casos estudiados cuentan con algún tipo de subsidio, entonces ésta sería una condición *sine qua non* para la implantación de buses eléctricos. Esta conclusión no es sorpresa dado que, a la fecha, los costos de inversión de buses eléctricos son superiores a los buses diésel y también que los primeros requieren inversión en infraestructura de carga. De esta forma, los gobiernos que ven el potencial de esta tecnología para reducir problemas de contaminación ofrecen subsidios de modo que exista una mayor igualdad de condiciones entre los buses eléctricos y diésel, que es una tecnología más consolidada.

Sobre posibles aportes estatales, la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) realizó un estudio denominado "Mecanismos de fondeo y financiamiento para la movilidad sustentable: oportunidades para Costa Rica" (2021). Identificaron cinco mecanismos con potencial de generación de recursos para financiar la movilidad urbana sostenible, siendo estos: i) Generar zonas de parquímetro y cobro de patentes para estacionamientos alrededor de las estaciones del TRP (Tren rápido de pasajeros), ii) Garantizar que las nuevas concesiones de carreteras incluyan la posible implementación de tarifas de congestión, iii) Promover la inclusión un componente ambiental del impuesto a la propiedad de vehículos (Marchamo), iv) Canalizar los recursos recabados por el impuesto a los combustibles hacia la movilidad urbana sostenible y v) Considerar la opción de otorgar subsidios para el transporte público.

- **Incentivos tributarios:**

Exoneración de impuestos

La importación de autobuses o chasis, con motor o sin él, utilizados para el transporte colectivo de personas, no están sujetos al pago de ningún tipo de tributos o sobretasas, a excepción de los derechos arancelarios donde se fija una tarifa fija de 5%. Esta exoneración aplica exclusivamente para los concesionarios y permisionarios de ruta regular[24].

Para que un autobús sea exonerado, la Secretaría Ejecutiva del CTP debe certificar que el solicitante de la exoneración cuenta con la condición de concesionario o permisionario de ruta regular. Para los casos en los que los autobuses no estén a nombre del operador, como sería el caso del arrendamiento, leasing, fideicomiso, entre otras, éstos únicamente estarían exentos al impuesto al valor agregado (IVA).

[23] Oportunidades de financiamiento a operadores privados de transporte público en Latinoamérica, BID (2015)
[24] Artículo 11, Ley Reguladora de Exoneraciones Vigentes, Derogatorias y Excepciones

En cuanto al IVA, los concesionarios y permisionarios de ruta regular son exonerados del pago de dicho impuesto para la importación y la compraventa en el mercado local de autobuses. De igual forma, están exentos el arrendamiento y el leasing de estos bienes, así como el leasing y alquiler de los planteles y terminales utilizadas para su operación[25]. Los ingresos por tarifa se encuentran igualmente exonerados del pago del IVA.

Operador de transporte:

- Tarifa de autobús

Es el principal ingreso de los concesionarios y permisionarios y es calculada con base en los costos de operación e inversión de los operadores en función al modelo tarifario. Dada la importancia de la tarifa en la sección 3.4, se efectuará un análisis del régimen tarifario.

Según la "Encuesta Nacional de Percepción de los Servicios Públicos" efectuada por la Contraloría General de la República un 77% de los usuarios consideran la tarifa como razonable. Así mismo, según estudio la ARESEP[26], el 57% de los usuarios consideran que la tarifa de autobús no es ni baja ni alta, un 26% la consideran alta y un 18% baja.

- Ingresos no operacionales

Para el caso de Costa Rica no existe ningún tipo de impedimento a que los operadores diversifiquen sus ingresos, e incluso es común que lo hagan por medio de publicidad, alquiler de locales comerciales, y venta de activos, entre otros.

- Venta de activos

Dado que la vida máxima permitida para los autobuses operados en los servicios especiales es de 20 años, se ha convertido en el principal mercado secundario de autobuses usados por parte de los operadores actuales, aprovechando que la vida máxima para el caso de los autobuses destinados para ruta regular es de 15 años.

3.3 Modelo de negocio del AMSJ según el grado de separación vertical

La separación vertical consiste en que la inversión en activos y los costos operativos puedan ser asumidos por diferentes actores y no de manera exclusiva por el operador. Para ello se efectúan contratos independientes, uno para la provisión de activos y otro para la operación y mantenimiento. Este mecanismo ha sido utilizado en Bogotá, Colombia y Santiago, Chile, ciudades que más autobuses eléctricos han incorporado en Latinoamérica actualmente[27].

Esta figura permite lo siguiente[28]: i) independizar los activos de la operación de modo tal que en caso de incumplimientos o vencimientos del plazo los activos puedan ser reasignados a otro operador, ii) atraer inversionistas no vinculados a la industria con mayor capital y posibilidades de apalancamiento; iii) generar mayores economías de escala; iv) definir diferentes plazos de concesión en función al riesgo asumido y el plazo requerido para amortizar las inversiones.

En Costa Rica, la concesión de una línea lleva implícita, para el concesionario, la obligación de poner en servicio los vehículos que sean necesarios para cumplir eficientemente todos los requerimientos

[25] Artículo 1, Resolución RES-DGH-073-2019, Dirección General de Hacienda
[26] "Usuarios evalúan el servicio de autobús", ARESEP, 2021
[27] https://blogs.iadb.org/transporte/es/la-nueva-tendencia-en-concesiones-de-brt-en-america-latina/
[28] https://blogs.worldbank.org/es/voices/mi-autobus-es-tu-autobus-como-el-esquema-desagregado-de-provision-de-flota-puede-apoyar-los

del transporte. Implica asimismo la obligación de suplir vehículos adicionales para atender debidamente la demanda de los servicios, cuando lo requiera el Ministerio de Transportes[29].

La figura de la concesión en Costa Rica concentra la provisión de los activos y la operación en el operador, el cual tiene la obligación de contar con la flota necesaria y el plantel ya sean de su propiedad o arrendados. Así mismo, los costos operativos y la obligación de brindar el adecuado mantenimiento a la flota son asumidos por el operador. La planificación y control es ejercido de manera conjunta con el CTP, especialmente en cuanto a la planificación, ya que el operador debe ajustarse a los esquemas operativos diseñados por el CTP.

3.4 Régimen Tarifario

Dado que los ingresos por tarifa son la principal fuente de generación de recursos no reembolsables, se procederá a analizar el régimen tarifario de la industria de transporte público modalidad autobús, las reglas generales aplicables a la tarifa, y los modelos tarifarios ordinario y extraordinario.

- **Reglas aplicables a la tarifa**

La Ley 7593, establece que la ARESEP es la entidad encargada de fijar las tarifas y precios de los servicios públicos[30], y son sujetos a esta ley los concesionarios y permisionarios.[31]

La tarifa se define como el precio establecido unilateralmente por el ente regulador, que remunera la prestación del servicio público por parte de los usuarios. Una remuneración que debe responder a la financiación del servicio, por ende, al principio de equilibrio financiero.[32]

Uno de los principios de regulación tarifaria más relevantes es el de servicio al costo[33], el cual determina la forma de fijar las tarifas y los precios de los servicios públicos, de manera que se contemplen únicamente los costos necesarios para prestar el servicio, que permitan una retribución competitiva y garanticen el adecuado desarrollo de la actividad.

Adicionalmente, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones con respecto a la tarifa: i) es el mecanismo de financiación del servicio, es decir, el medio de retribución por el servicio prestado que permita la amortización de la inversión realizada y obtener una rentabilidad justa, ii) es producto del cálculo matemático que considera los costos de inversión y operación autorizados, de manera que se pague el precio justo por las condiciones en que se brinda el servicio[34], y, iii) debe contemplar los criterios de equidad social, sostenibilidad ambiental, conservación de energía y eficiencia económica definidos en el Plan Nacional de Desarrollo, como elementos centrales para fijar las tarifas y los precios de los servicios públicos.

- **Modelos tarifarios**

Según el Artículo 31 de la Ley 7593, para fijar los precios, tarifas y las tasas de los servicios públicos, la ARESEP tomará en cuenta las estructuras productivas modelo de cada servicio público, según el desarrollo del conocimiento, la tecnología, las posibilidades del servicio, la actividad de que se trate y el tamaño de las empresas prestatarias.

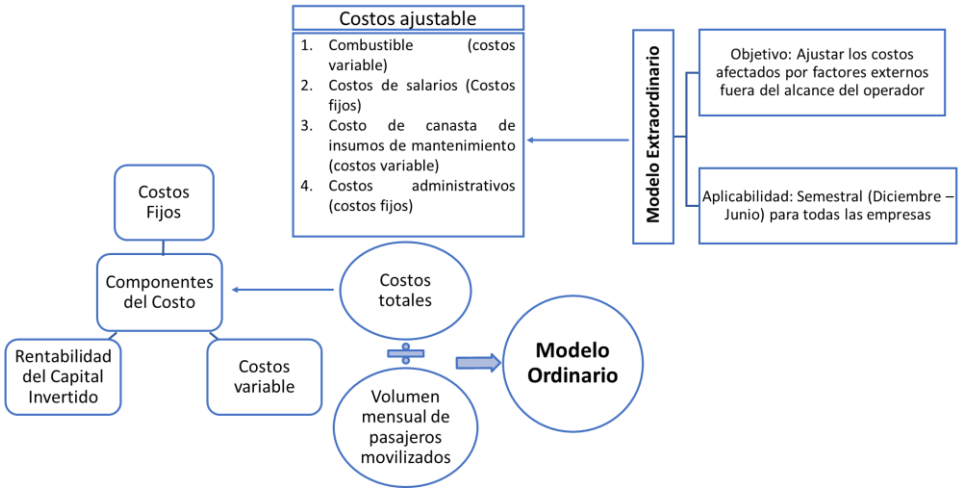
Existen dos tipos de fijaciones tarifarias: Ordinaria y Extraordinaria (figura 5). Las fijaciones de carácter ordinario son las que contemplan factores de costo de inversión y demanda, y es el que permite mantener el equilibrio financiero para los casos en los que existen variaciones en estos dos

[29] Artículo 16 de la ley 3503
[30] Artículo 5, Ley 7953
[31] Artículo 9, Ley 7953
[32] La Procuraduría General de la República en Dictamen C-003-2002, del 7 de enero del 2002
[33] Artículo 3, Ley 3503
[34] Sala Constitucional en su sentencia No. 577 del 10 de agosto de 2007

rubros y que, a excepción de la demanda de usuarios, están bajo el control del operador y su estrategia de inversión.

Las fijaciones extraordinarias son las que ajustan la tarifa a las variaciones generadas por factores externos al operador, de manera tal que los mismos no afecten el equilibrio financiero. Es la ARESEP la encargada de efectuar de oficio los ajustes, que pueden aumentar o disminuir la tarifa[35].

Figura 5: Modelos tarifarios



Fuente: Metodología para fijación ordinaria de tarifas para el servicio de transporte remunerado de personas, modalidad autobús

3.5 Situación futura: Renovación de concesiones y políticas públicas de modernización

El sistema de transporte público modalidad autobús se encuentra en proceso de modernización, bajo el contexto de un proceso de renovación de concesiones. El objetivo de esta sección es brindar insumos sobre los posibles cambios que va a tener el sistema de transporte público, de modo tal que puedan ser tomados en cuenta a la hora de plantear modelos de negocio y mecanismos de financiamiento.

A continuación, se analizan los proyectos existentes y el potencial efecto que tendrían en la incorporación de autobuses eléctricos en el AMSJ.

3.5.1 Renovación de las concesiones

Los contratos de concesión actuales vencen en septiembre del 2021 y ya inició su proceso de renovación. El Artículo 21 de la Ley 3503 establece la figura de la renovación de la concesión, como una posibilidad que puede ejercer el Estado en caso de que considere innecesario iniciar un proceso licitatorio.

> *"Artículo 21.- El término de la concesión será el que señala el contrato-concesión y se fijará tomando en cuenta el monto de la inversión y el plazo para amortizarlo y obtener una ganancia justa; podrá ser de hasta siete años, pero podrá ser renovado si el concesionario ha cumplido a cabalidad con todas y cada una de sus obligaciones y se ha comprometido formalmente a cumplir con las disposiciones que se establezcan conforme a la Ley No. 3503."*

[35] Artículo 30, Ley 7593

La concesión podrá ser otorgada hasta por siete años, lo cual fija un plazo máximo, pero no mínimo. El tiempo se determina en función al monto de inversión, y la capacidad de amortizarla y de obtener rentabilidad, al término del contrato. Además, la concesión puede ser o no renovada, y la potestad de imperio del Estado en dicha decisión ha sido ampliamente definido vía jurisprudencia y sentencias. En otras palabras, el Estado no está en obligación de renovar las concesiones.

Dicho lo anterior, el proceso de renovación se dará siempre y cuando el Estado la elija frente a las otras opciones (licitación o permiso), y podrá renovar únicamente a los operadores que:

i. Cuenten con título habilitante – contrato de concesión refrendado por la ARESEP
ii. Hayan cumplido a cabalidad con todas y cada una de sus obligaciones – actualmente, el MOPT se encuentra determinando el cumplimiento de las obligaciones de los operadores por medio de la "Evaluación Empresarial del Periodo Concesionado a Vencer"-.
iii. Se hayan comprometido formalmente a cumplir con las disposiciones que se establezcan conforme a la Ley No. 3503

A las empresas que cumplan con estos requisitos se les podrá renovar la concesión, tomando en cuenta que es un nuevo contrato y los compromisos pueden variar con respecto al contrato vencido.

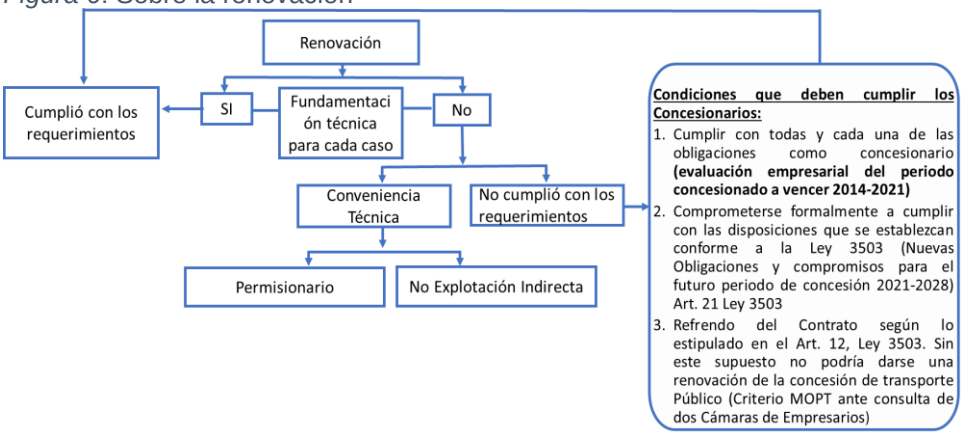
Sobre la renovación, la Sala Constitucional determinó lo siguiente:

> *"…Un primer supuesto se refiere al fenecimiento del plazo de su vigencia, sin que se otorgue la renovación prevista en el ordinal 21 de la Ley No. 3503. Lo anterior ya sea porque el concesionario no haya peticionado tal prolongación del vínculo, o sea porque aún de haberlo hecho, la Administración concedente estima que el concesionario no ha cumplido con sus obligaciones y compromisos, o bien porque aquella estima que, dentro de un marco de conveniencia técnica, ese derecho no debe mantenerse. En ambos casos tal decisión ha de ser debidamente motivada…"*

En la siguiente figura se explican las posibilidades que tiene el Estado respecto a la renovación. En resumen, el Estado tiene la potestad de no renovar por dos motivos:

a) Conveniencia técnica
b) Empresas no cumplen con los requerimientos

Figura 6: Sobre la renovación



Fuentes: Ley 3503 y jurisprudencia

3.5.2 Políticas públicas de modernización

Las políticas de modernización del transporte público se han establecido en diferentes planes y decretos (cuadro 10). A partir del decreto 28337-MOPT, se planteó la necesidad de efectuar una reorganización de rutas e integrar a las empresas por medio de sectores y subsectores. Consecuentemente, la necesidad de contar con un sistema de recaudo centralizado y promover las energías limpias empezaron a formar parte de las políticas de modernización. Recientemente se ha planteado la necesidad de ampliar el plazo de concesión para permitir una mejora en las condiciones de financiamiento. A continuación, se analizan las principales políticas de modernización que más se han reiterado en las distintas políticas públicas y que impactan de manera más directa la incorporación de autobuses eléctricos en el AMSJ.

Cuadro 10: Planes de Modernización.

Documento	Propuestas
Programa para un Sistema Integrado de Transporte Público Masivo para la GAM SITGAM 2020 - 2035	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Autobuses eléctricos Pago electrónico Desarrollo de infraestructura Mecanismos de financiamiento
Política Nacional de Ordenamiento Territorial 2013-2040 (PNOT)	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Autobuses eléctricos Pago electrónico Desarrollo de infraestructura
Política Nacional de Desarrollo Urbano 2018-2030 (PNDU)	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Autobuses eléctricos Pago electrónico Desarrollo de infraestructura Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Autobuses eléctricos Pago electrónico
Plan Nacional de Transporte Costa Rica 2011-2035	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Construcción de infraestructura
Plan Estratégico Sectorial (PES) 2019-2024	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Construcción de infraestructura
Plan Nacional de Descarbonización	Integración intermodal Metas de incorporación de autobuses eléctricos
Plan Nacional de Desarrollo 2019-2022	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Autobuses eléctricos Pago electrónico Desarrollo de infraestructura
Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018	Reorganización funcional de rutas Desarrollo de obras urbanas
Plan Nacional de Energía 2015-2030	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Autobuses eléctricos Pago electrónico
Plan Estratégico Institucional 2012-2016 de ARESEP	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas

	Construcción de puntos de integración Energías limpias
Decreto 28337-MOPT	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Energías limpias
Decreto 40186-MOPT	Reorganización funcional de rutas Consolidación de empresas Energías limpias Pago electrónico

Fuente: Elaboración propia

● *Plazo de renovación*

La necesidad de promover energías limpias se tradujo en la Ley 9518, la cual determina que la opción para Costa Rica son los autobuses eléctricos. Al respecto, el MOPT reconoce que, bajo este escenario, se requiere un plazo mayor de concesión, dado el alto costo de inversión de estos autobuses, y ha hecho público su intención de ampliarlo a 15 años.

Actualmente, el MOPT presentó un proyecto de modificación a Ley 3504[36], a la Asamblea Legislativa, el cual plantea incorporación del artículo 21 bis, por medio del cual se establece la ampliación del plazo a 15 años, a los operadores asumen la obligación expresa de modificar al menos 40% de su flota, por unidades cero emisiones.

● *Política sectorial: propuesta de sectorización para el AMSJ*

La reorganización y modernización del transporte público modalidad autobús busca hacer más eficiente el sistema de transporte público del GAM. Se encuentra fundamentado en el decreto No. 28337-MOPT, el cual fue actualizado mediante decreto No. 40186-MOPT.

Actualmente, el AMSJ cuenta con 36 operadores y un total de 1882 autobuses[37]. Cada ramal[38] que compone una ruta tiene como punto final del recorrido San José (salvo casos excepcionales). La reorganización supone la creación de un sistema tronco-alimentado, compuesto en una primera etapa por 17 rutas troncales, 6 rutas intersectoriales y 15 secundarias alimentadoras, organizadas en distribuidos en 12 Sectores o subsectores definidos en el decreto No. 40186-MOPT[39](cuadro 11).

Según el SITGAM, para el proyecto de modernización del AMSJ se definieron las siguientes acciones estratégicas para el 2021:

1. Definir el esquema organizativo de los 12 sectores / subsectores de conformidad en el artículo 14 de la Ley 3503, de modo tal que las empresas se agrupen bajo esquemas de consorcios operativos, fusión de empresas o corporaciones de transportes, dado que en algunos sectores y subsectores existen dos o más empresas que operan diferentes rutas.
2. Aprobar los 12 esquemas operativos por el CTP bajo el esquema tronco alimentado
3. Concesionar los 12 sectores y subsectores de conformidad con el esquema organizativo que opten las empresas cuando existan dos o más dentro de un sector / subsector.

[36] Expediente No. 22540, Asamblea Legislativa (2021)
[37] El Plan de Descarbonización (página 11), establece un total de 41 operadores y 1842 autobuses para el GAM. La información de este estudio se basa en http://consejodetransportepublico.opendata.junar.com/dashboards/21153/rutas-regulares/, de conformidad con los operadores que forman parte del AMSJ.
[38] Se concesiona que una ruta que puede estar compuesta por diversos ramales
[39] SITGAM, página 120

Así mismo, según el SITGAM dentro de su eje de sostenibilidad, tiene como meta para el 2023 la optimización del servicio de transporte público modalidad autobús en el AMSJ y por ende el funcionamiento operativo de los 12 sectores / subsectores.

Cuadro 11: Composición de los sectores y subsectores.

SECTOR	SUBSECTOR	EMPRESAS	FLOTA EMPRESAS	FLOTA SECTOR SUBSECTOR
SECTOR-SUBSECTOR HEREDIA - URUCA		BUSES INA URUCA SOCIEDAD ANÓNIMA	86	86
		TRANSPORTES UNIDOS LA CUATROCIENTOS S. A.	95	143
		BUSETAS HEREDIANAS SOCIEDAD ANONIMA	48	
SECTOR-SUBSECTOR TIBÁS SANTO DOMINGO DE HEREDIA		COOPERATIVA DE AUTOBUSEROS NACIONALES ASOCIADOS R L	79	126
		MICROBUSES RÁPIDOS HEREDIANOS SOCIEDAD ANÓNIMA	47	
SECTOR GUADALUPE -MORAVIA	SUBSECTOR MORAVIA - PARACITO	AUTOTRANSPORTES MORAVIA S.A	65	92
		TRANSPORTES PARACITO SOCIEDAD ANONIMA	27	
	SUBSECTOR CORONADO - GUADALUPE	TRANSVI S.A.	17	200
		EMPRESA GUADALUPE LIMITADA	118	
		CORPORACIÓN AUTO TRANSPORTES DEL ESTE SOCIEDAD ANONIMA	24	
		AUTOBUSES UNIDOS DE CORONADO SA	41	
SECTOR - SUBSECTOR ESCAZÚ - SANTANA - CIUDAD COLÓN		COMPAÑÍA DE INVERSIONES LA TAPACHULA S.A.	183	266
		COMPAÑÍA TRANSPORTISTA DEL SUROESTE SOCIEDAD ANÓNIMA	83	
SECTOR SUBSECTOR SAN PEDRO - CURRIDABAT - TRES RÍOS		AUTOTRANSPORTES CESMAG SOCIEDAD ANÓNIMA	97	301
		RUTAS CINCUENTA Y UNO Y CINCUENTA Y TRES SOCIEDAD ANONIMA	34	
		CENBUS SOCIEDAD ANÓNIMA	23	
		AUTO TRANSPORTES RARO SOCIEDAD ANONIMA	27	
		AUTOTRANSPORTES ZAPOTE SOCIEDAD ANONIMA	33	
		TRANSPORTES PÚBLICOS LA UNIÓN S.A.	39	
		TRANSPORTES DEL ESTE MONTOYA SOCIEDAD ANONIMA	23	
		MAGASOSO DE LAS LOMAS SUR SOCIEDAD ANÓNIMA	25	
SECTOR SAN FRANCISCO - DESAMPARADOS	SUBSECTOR SAN FRANCISCO	AUTOTRANSPORTES SAN ANTONIO SOCIEDAD ANÓNIMA	76	76
		TRANSBOSQUE LA PACIFICA, S.A.	0	
	SUBSECTOR DESAMPARADOS	AUTOTRANSPORTES DESAMPARADOS S.A.	128	201
		BUSES SAN MIGUEL HIGUITO SOCIEDAD ANONIMA	34	
		AUTOTRANSPORTES LOS GUIDO SOCIEDAD ANÓNIMA	39	
SECTOR HATILLO - ALAJUELA - PASO ANCHO - SAN SEBASTIÁN	SUBSECTOR PASO ANCHO - SAN SEBASTIÁN	CORPORACIÓN NACIONAL DE TRANSPORTES CONATRA SOCIEDAD ANONIMA	29	123
		LARED LIMITADA	94	
		RUTA OCHENTA Y TRES A-B, S.A. (TRANSPORTES DOSCIENTOS CINCO SOCIEDAD ANÓNIMA)	0	
	SUBSECTOR HATILLO-ALAJUELITA	CONSORCIO DE TRANSPORTES COOPERATIVOS METROCOOP R L	59	124
		TRANSPORTES DOSCIENTOS CINCO SOCIEDAD ANÓNIMA	65	
SECTOR-SUBSECTOR PAVAS		AUTO TRANSPORTES PAVAS SOCIEDAD ANÓNIMA	94	94
SECTOR - SUBSECTOR CENTRAL		AUTOTRANSPORTES SABANA CEMENTERIO SOCIEDAD ANONIMA	18	50
		TRANSPORTES GUILIAL, S.A. (LARED LIMITADA)	0	
		TRANSCESA SOCIEDAD ANÓNIMA	28	
		TRANS MASOMA SOCIEDAD ANONIMA	4	

Fuente: CTP y Acta de la Sesión Ordinaria 32-2014 de la Junta Directiva del Consejo de Transporte Público

Recaudo centralizado: Sistema Nacional de Pago Electrónico en el Transporte Público (SINPE-TP)

Para julio del 2021, se espera que el servicio de tren cuente con el sistema de pago electrónico implementado, para luego ir introduciéndolo de manera paulatina en el servicio de autobuses[40]. Las instituciones públicas que integran el proceso de implementación son el Banco Central de Costa Rica, el MOPT y la ARESEP. El pago electrónico es fundamental para la implementación de la sectorización debido a la necesidad de contar con una integración tarifaria.

Los contratos de concesión vigentes contemplan la obligación de implementar el denominado pago electrónico, el cual se planteó por primera vez en el decreto 28337-MOPT-2000 desde el año 1999.

Todavía no se conocen los componentes de costo y el impacto que tendría en la tarifa. La metodología ordinaria en su artículo 4.4.7 Costos del sistema automatizado de pago electrónico y seguridad, determina lo siguiente: "…*El costo mensual del sistema automatizado de pago electrónico y seguridad (CSPEr), se determinará una vez que se haya definido sus componentes, características y cantidades por ruta, los procedimientos de reconocimiento de la depreciación (método, factores, vida útil y valor de rescate) y la rentabilidad*…".

3.6 Política de descarbonización del sistema de transporte público modalidad autobús: análisis del marco normativo

Metas de descarbonización: Plan Nacional de Descarbonización

El Plan Nacional de Descarbonización estableció las metas de electrificación del sistema para el año 2035 (30% de la flota) y 2050 (85% de la flota). Adicionalmente en el 2018, se crea la ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, Ley 9518, la cual establece la obligatoriedad de las empresas de reemplazar un 5% de la flota cada dos años por autobuses eléctricos.

Obligación de sustitución de autobuses eléctricos – Ley de Incentivos y promoción para el transporte eléctrico No. 9518

Sobre esta Ley, lo más importante a resaltar es el artículo 28, el cual define lo siguiente:

"…El Plan Nacional de Transporte Eléctrico establecerá el programa para que la flota vehicular de autobuses concesionado en el país realice, de forma paulatina, la sustitución a vehículos eléctricos, con previa autorización técnica y legal del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), de conformidad con la viabilidad financiera y cuando las condiciones de las rutas de autobuses lo permitan.

Para ello, el Plan Nacional de Transporte Eléctrico deberá proyectar el reemplazo de la flota de autobuses, al menos cada dos años, con una meta dentro de este período no menor del cinco por ciento (5%) …"

Actualmente el Plan Nacional de Transporte Eléctrico, no ha definido como sería el programa de sustitución, sin embargo, una tasa de cambio constante del 5% cada dos años a partir del 2025 permitiría cumplir con la meta del Plan Nacional de Descarbonización de un 30% al 2035 y a partir

[40] https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2021/02/pais-inicia-pruebas-controladas-del-sistema-nacional-de-pago-electronico-en-el-transporte-publico/

del 2041 la tasa aumentaría a un 10%. El cuadro 12 ejemplifica las proyecciones de cambio de autobuses eléctricos para el AMSJ[41].

Cuadro 12: Programa de sustitución de autobuses eléctricos.

Año	% cambio bianual	% acumulado	Flota por sustiuir	Sustitución acumulada
2025	5%	**5%**	94	94
2027	5%	**10%**	94	188
2029	5%	**15%**	94	282
2031	5%	**20%**	94	376
2033	5%	**25%**	94	471
2035	5%	**30%**	94	565
2037	5%	**35%**	94	659
2039	5%	**40%**	94	753
2041	5%	**45%**	94	847
2043	10%	**50%**	188	1035
2045	10%	**60%**	188	1223
2047	10%	**70%**	188	1412
2049 - 2050	10%	**85%**	188	1600

Fuente: Elaboración propia a partir de las metas definidas por Plan Nacional de Descarbonización, datos de la página web del CTP y el artículo 28 de la ley 9518

Para lograr cumplir con las metas, se debe iniciar en el año 2025. El total de la flota actual del AMSJ es de 1882 autobuses, por lo que para el 2035 se deberían sustituir 565 que corresponde al 30% y 1600 para el 2050, que correspondería el 85% del total de la flota[42]. A continuación, se procederá a efectuar un análisis sobre la implementación del 28 de la Ley 9518 según la modificación del 5% bianual.

El SITGAM, en su eje de descarbonización establece que, en cuanto a la introducción de autobuses eléctricos a un ritmo de 5% cada dos años, los parámetros finales del proceso de recambio de flota dependerán directamente de un estudio que debe ser realizado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes usando como base los datos arrojados por el proyecto piloto de introducción de autobuses eléctricos[43].

La incorporación de los autobuses eléctricos para el AMSJ según el 5% de recambio cada dos años, va a implicar sustituir, en algunos casos, autobuses que no han cumplido con su vida máxima o como en la gran mayoría de los casos hacer sustituciones mixtas entre autobuses eléctricos y diésel.

Por otro lado, otra opción sería la sustitución vía cumplimiento de la vida máxima, lo cual permitirá que la incorporación de autobuses eléctricos inicie posterior al 2025 y al mismo tiempo cumpliría con lo establecido por ley y las metas del Plan Nacional de Descarbonización.

En los siguientes cuadros se puede observar cómo sería la sustitución de autobuses por sectores y subsectores al año 2035 según la Ley 7598 y cumplimiento de la vida máxima.

[41] La cantidad de autobuses utilizados puede variar en función a la modificación de esquemas operativos y la implementación de la sectorización.
[42] Cabe destacar que estos cálculos son basados en la flota actual y que tras la implementación de la sectorización este número podría sufrir modificaciones, sin embargo, no se cuenta con la información suficiente para analizar dicho escenario.
[43] SITGAM, página 195

Cuadro 13: Incorporación de autobuses eléctricos a las flotas de los sectores y subsectores según los sectores y subsectores del AMSJ.

Flota por sustituir según 5% bianual															
Año De Salida		2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Sector	**Subsector**														
Sector-Subsector Heredia - Uruca		0	0	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4
		0	0	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7	0	7
Sector-Subsector Tibás Santo Domingo de Heredia		0	0	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
Sector Guadalupe - Moravia	**Subsector Moravia - Paracito**	0	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
	Subsector Coronado - Guadalupe	0	0	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10
Sector - Subsector Escazú - Santana - Ciudad Colón		0	0	0	13	0	13	0	13	0	13	0	13	0	13
Sector Subsector San Pedro - Curridabat - Tres Ríos		0	0	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15	0	15
Sector San Francisco - Desamparados	**Subsector San Francisco**	0	0	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4
	Subsector Desamparados	0	0	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10
Sector Hatillo - Alajuela - Paso Ancho - San Sebastián	**Subsector Paso Ancho - San Sebastián**	0	0	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
	Subsector Hatillo-Alajuelita	0	0	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
Sector-Subsector Pavas		0	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
Sector - Subsector Central		0	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
Total					**94**	**0**	**94**	**0**	**94**	**0**	**94**	**0**	**94**	**0**	**94**

Fuente: Elaboración propia a partir de las metas definidas por Plan Nacional de Descarbonización, datos de la página web del CTP y el artículo 28 de la ley 9518

Cuadro 14: Modificación de la flota según cumplimiento de la vida máxima de los autobuses según los sectores y subsectores del AMSJ.

Cambio cumplimiento vida máxima															
Año de salida		**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**	**2031**	**2032**	**2033**	**2034**	**2035**
Año del Autobús		**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Sector	**Subsector**														
Sector-Subsector Heredia - Uruca		0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	2	80	0	0
		3	29	3	7	11	18	7	2	5	11	11	16	10	3
Sector-Subsector Tibás Santo Domingo de Heredia		0	18	24	5	5	6	0	1	0	30	4	6	4	18
Sector Guadalupe - Moravia	**Subsector Moravia - Paracito**	0	5	11	4	0	5	2	1	10	16	18	0	0	20
	Subsector Coronado - Guadalupe	8	9	21	23	14	14	5	20	11	15	33	21	3	0
Sector - Subsector Escazú - Santana - Ciudad Colón		23	16	20	22	12	13	7	23	22	24	37	3	1	6
Sector Subsector San Pedro - Curridabat - Tres Ríos		13	8	29	36	0	20	20	11	31	27	35	41	10	15
Sector San Francisco - Desamparados	**Subsector San Francisco**	1	5	2	1	0	12	2	0	8	13	0	12	0	16
	Subsector Desamparados	36	22	25	3	0	13	17	24	20	12	3	20	0	2
Sector Hatillo - Alajuela - Paso Ancho - San Sebastián	**Subsector Paso Ancho - San Sebastián**	6	0	5	1	3	5	7	10	1	14	18	53	0	0
	Subsector Hatillo-Alajuelita	1	10	4	5	0	5	10	20	0	4	0	32	7	18
Sector-Subsector Pavas		12	10	15	4	0	10	10	13	11	0	9	0	0	0
Sector - Subsector Central		0	12	4	3	3	0	0	4	0	0	7	0	5	2
Total		**103**	**144**	**163**	**114**	**48**	**124**	**87**	**129**	**119**	**166**	**177**	**284**	**40**	**100**
Total %		**5%**	**8%**	**9%**	**6%**	**3%**	**7%**	**5%**	**7%**	**6%**	**9%**	**9%**	**15%**	**2%**	**5%**

Fuente: Elaboración propia a partir de las metas definidas por Plan Nacional de Descarbonización, datos de la página web del CTP y el artículo 28 de la Ley 9518

En cuanto a las condiciones necesarias para su implementación, el artículo hace alusión a dos criterios: viabilidad financiera y condiciones de la ruta. No es claro cómo se definirán los criterios que determinen la viabilidad financiera y sí esta incluirá dentro de sus análisis la infraestructura de carga o bien estas inversiones serán asumidas por el Estado.

Finalmente, en cuanto a la tarifa, se produjo un cambio en la metodología ordinaria, en función a la entrada en vigor de la Ley 9518 que elimina el valor tarifario máximo a reconocer para un autobús[44] tomando en cuenta el aumento del costo de adquisición de un autobús eléctrico respecto a un diésel. Los demás elementos de costos no están establecidos.

Infraestructura de carga

La Ley 9518, define los centros de recarga, como la estación de suministro o comercialización de energía eléctrica para la recarga de las baterías de los vehículos eléctricos. Los dispensadores para carga pueden ser del tipo estación, en poste, empotrado o parche, entre otros.

[44]ARESEP, Resolución RE-0215-JD-2018

Esta misma ley en su artículo 31 establece la obligación de las distribuidoras para la construcción y puesta en funcionamiento de los centros de recarga, en donde se debe contar con uno cada 80 kilómetros en un plazo de 12 meses. La misma ley en su artículo 32, define que la venta de electricidad sólo podrá ser por medio de las distribuidoras con su respectiva concesión, en función a lo establecido por la Ley 7593.

Respecto al desarrollo de infraestructura de carga para el transporte público modalidad autobús, el Plan Nacional de Transporte Eléctrico en su eje de transporte público, establece dentro de las acciones a implementar, el definir y establecer alianzas con los operadores de autobuses para la construcción de la infraestructura de carga, siendo los responsables las distribuidoras de energía eléctrica y los concesionarios.

Tarifa eléctrica promocional

Mediante el alcance No. 299 a La Gaceta No. 270 del 11 de noviembre del 2020, se determinó una tarifa plana para el suministro de energía eléctrica asociado a centros de recarga en plantel para autobuses eléctricos de 57.08 colones por kilowatt-hora (KWh), para todo el territorio nacional. Cabe destacar que la tarifa es promocional por dos años a partir de su aprobación y podrá ser modificada tras el vencimiento del plazo, por lo que no se puede asumir que el monto actual se vaya a mantener sin considerar la necesidad de establecer consensos entre los actores relevantes para la extensión de la vigencia de la tarifa.

Régimen tarifario aplicado a la incorporación de autobuses eléctricos

Dado que actualmente la mayor fuente de ingreso de los operadores es la tarifa y que no existe una política de subsidios, es fundamental establecer el impacto que la electrificación pueda tener en las tarifas.

En función al principio de servicio al costo y el de equilibrio financiero, los costos requeridos para la incorporación de autobuses eléctricos deben reconocerse en las metodologías tarifarias (ordinaria y extraordinaria); sin embargo, no se considera conveniente que las mismas se incrementen a causa de la introducción de esta nueva tecnología.

Los autobuses eléctricos afectan las tres categorías de costos: variables, fijos y de rentabilidad del capital invertido. El principio general del modelo de negocio de esta tecnología gira en torno a la disminución del OPEX y el aumento del CAPEX, por lo que, en el modelo tarifario, los costos variables se disminuirían, mientras que los de rentabilidad del capital invertido aumentarían. La incógnita gira en torno a si las variaciones lograrán equilibrase de modo tal que no aumente el costo total de provisión del servicio.

El peso que tiene cada categoría de costos (costos variables, fijos y de rentabilidad) en la tarifa varía para cada empresa. Según el estudio desarrollado por el Banco Mundial para la ARESEP sobre el comportamiento de los buses eléctricos en la tarifa[45], la disminución en los costos variables no compensa el aumento en los costos fijos y de rentabilidad (contemplando los costos de infraestructura de carga y recambio de batería).

La rentabilidad del capital invertido y los costos fijos que se impactarían son los que incluyen el valor tarifario de la flota (VTAF) dentro de sus variables de cálculo, el cual es definido como el valor asignado al vehículo al momento de la fijación tarifaria según el criterio de valoración que se le aplique al tipo de vehículo y que se mantiene durante su vida útil[46] (cuadro 15). Por lo anterior, es

[45] Desarrollo de una metodología de costos y tarifas para la adopción de servicios de autobús eléctrico en Costa Rica
[46] Metodología para fijación ordinaria de tarifas para el servicio de transporte remunerado de personas, modalidad autobús, artículo 4.2

necesario desarrollar estrategias que permitan reducir el impacto del Valor Tarifario (VTAF) en la tarifa y las inversiones adicionales.

Cuadro 15: Costos afectados por el VTAF.

Categoría	Costos reconocidos	Fórmula
Costos fijos	Costos de depreciación de la flota	1. Valor tarifario de la flota 2. Número de unidades 3. Factor de depreciación
	Costo de depreciación de la maquinaria, el equipo y las instalaciones	1. Valor tarifario de la flota 2. Número de unidades 3. Valor Factor de depreciación
	Costos en repuestos y accesorios	1. Valor tarifario de la flota 2. Coeficiente de consumo de repuestos 3. Recorrido promedio mensual por vehículo 4. Edad promedio de la flota
	Otros gastos	1. Valor tarifario total de la flota 2. Coeficiente anual de otros gastos administrativos
Rentabilidad del capital invertido	Rentabilidad del capital invertido en la flota	1. Valor tarifario de la flota sin llantas 2. Tasa de rentabilidad anual 3. Factor de rentabilidad anual según la edad
	Rentabilidad del capital invertido en maquinaria, equipo e instalaciones	1. Valor tarifario de la flota sin llantas 2. Coeficiente de rentabilidad anual en la maquinaria, equipo e instalaciones 3. Tasa de rentabilidad anual
	Rentabilidad del capital invertido en proveeduría	1. Valor tarifario de la flota sin llantas 2. Coeficiente de rentabilidad anual del capital de proveeduría 3. Tasa de rentabilidad anual

Fuente: Metodología para fijación ordinaria de tarifas para el servicio de transporte remunerado de personas, modalidad autobús

Los costos variables están relacionados al coeficiente de consumo, distancia recorrida y precios unitarios de los insumos (cuadro 16). El plan piloto desarrollado por GIZ es fundamental para definir los coeficientes de consumo y posibles costos no contemplados.

Cuadro 16: Efecto de la electrificación en los costos variables.

Categoría	Costos reconocidos	Variables claves
Costos Variables	**Costo por consumo de combustible**	Se sustituye por el consumo de electricidad
	Costo por consumo de llantas	Se mantiene
	Costo por consumo de aceite de motor	Desaparece
	Costo por aceite de caja de cambios	Desaparece
	Costo en aceite para diferencial	Se mantiene
	Costo por líquido para frenos	Desaparece
	Costo por grasa	Se mantiene
	Costo de consumo de filtros de combustible	Desaparecen

	Costo por consumo de aceite hidráulico	Se mantiene
	Costo por consumo de baterías (plomo ácido)	Desaparecen

Fuente: CRUSA-PNUMA (2020) Resultados del análisis de costos de las rutas de autobús del Área Metropolitana de San José con base en su consumo energético. Centro Mario Molina

Por otro lado, es importante indicar que cuando los autobuses son arrendados y el operador cuente con la autorización por parte del CTP para su arrendamiento, fideicomiso, leasing, o cualquier otra figura jurídica a la que se amparen los vehículos destinados para brindar el servicio, se reconocerá el monto establecido en los contratos siempre y cuando sea menor al costo de depreciación y rentabilidad del capital invertido en la flota, que se obtiene cuando el operador es propietario del autobús[47].

El arrendamiento puede ser la forma más eficaz de disminuir el efecto en la tarifa ocasionado por el VTAF. Otras formas serían mediante subsidios a la inversión, o con financiamiento bajo condiciones blandas, que permitirían una disminución del costo promedio ponderado de capital (WACC), denominado en el modelo tarifario como tasa de rentabilidad[48].

Por otro lado, se debe contemplar que el modelo tarifario ordinario debe considerar los costos generados por la infraestructura de carga y donde es necesario tener mayor claridad en cuanto a las inversiones que tendrá que efectuar el operador, así como los costos de operación. Mitigar el impacto que podría tener esta infraestructura en las tarifas es todo un reto, especialmente si la inversión la tiene que hacer el operador.

Modelo Tarifario Extraordinario

El impacto en la tarifa extraordinaria será en función a la variabilidad que los nuevos costos puedan tener en el tiempo, por ejemplo, el costo de electricidad, repuestos, y seguros, entre otros. Este modelo es fundamental para la industria, ya que actualiza la tarifa dos veces al año en función a las variaciones en costos entre semestres[49] y es muy sensible a cambios bruscos en los precios.

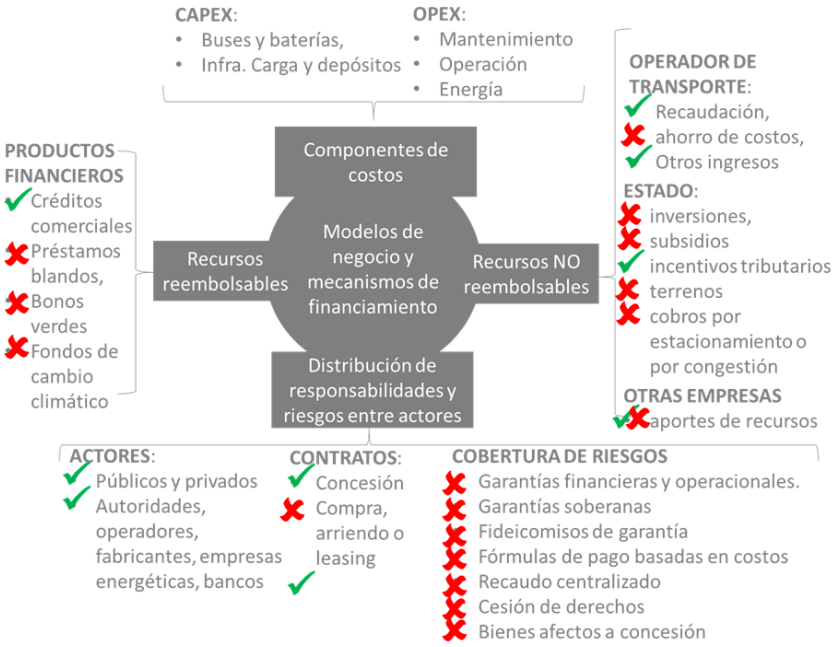
Otro elemento para considerar es el porcentaje de autobuses eléctricos en la flota total a nivel nacional, de modo tal que el efecto en la tarifa extraordinaria sea proporcionado a la cantidad de autobuses diésel y eléctricos.

[47] Metodología para Fijación Ordinaria de Tarifas para el Servicio de Transporte Remunerado De Personas, Modalidad Autobús Artículo 4.12.2
[48] Metodología para Fijación Ordinaria de Tarifas para el Servicio de Transporte Remunerado De Personas, Modalidad Autobús Artículo 4.6.1
[49] Artículo 1.2, Metodología extraordinaria para la fijación de tarifas de transporte público, modalidad autobús

3.7 Resumen de los componentes del modelo de negocio y mecanismos de financiamiento presentes en sistema de transporte público del AMSJ

Como se puede observar en la siguiente figura, se presenta un resumen de los componentes presentes en el modelo de negocios bajo la situación actual, en donde se establece lo siguiente.

Figura 7: Análisis de componentes para el Área Metropolitana de San José.



En términos de la distribución de responsabilidades, el sistema opera por medio de un contrato de concesión a siete años, bajo un esquema de integración vertical donde la responsabilidad de la inversión, operación y mantenimiento se encuentra centralizada en la figura del concesionario.

A nivel de cobertura de riesgos, existen principalmente las garantías privadas, tomando en cuenta que la fuente de financiamiento ha sido principalmente la banca comercial. Con la implementación del recaudo centralizado -mediante el pago electrónico-, se lograría contar con una nueva cobertura de riesgos, principalmente por la posibilidad de incorporar la figura del contrato de cesión de derechos, o también garantías mobiliarias.

A nivel de recursos no reembolsables, los ingresos por recaudación y con otros ingresos (publicidad y venta de autobuses), los incentivos tributarios, como las exoneraciones de impuestos a la importación de los autobuses, y pago del IVA sobre los ingresos de los operadores y los arrendamientos de flota o planteles son los que se encuentran presentes en el sistema. En cuanto a recursos reembolsables, únicamente se encuentran los créditos comerciales.

4 Evaluación del Costo Total de Propiedad con distintas alternativas de financiamiento y análisis de sensibilidad.

En este capítulo se presenta la evaluación del Costo Total de Propiedad (conocido como TCO, debido a sus siglas en inglés) para buses diésel y eléctricos de un subsistema de servicios de buses del Área Metropolitana de San José, considerando distintas alternativas de financiamiento. También, se presenta un análisis de sensibilidad de esta evaluación, aplicando el método de simulación de Monte Carlo (Mooney, 1997).

4.1 Evaluación del Costo Total de Propiedad con distintas alternativas de financiamiento.

Para ilustrar el riesgo de costo de inversión, el presente estudio ha estimado el costo total de propiedad (TCO, por sus siglas en inglés) de incorporación de buses eléctricos en una flota de buses para cuatro alternativas de financiamiento:

1. **Financiamiento con crédito al operador de transporte por 7 años (OT 07)**. Este esquema de financiamiento es el que se utiliza en la situación actual para la compra de buses de combustión interna.
2. **Financiamiento con crédito al operador de transporte por 15 años (OT 15)**. Similar a la alternativa OT 07, solo que se incrementa el plazo del crédito a 15 años.
3. ***Leasing* parcial**. El operador de transporte financia con recursos propios y un crédito a siete años (esquema OT 07 mencionado anteriormente) para la compra del chasís y la carrocería del bus. El suministrador de flota (podría ser una empresa de energía) provee por medio de un contrato de *leasing,* la batería y la infraestructura de carga al operador de transporte. En este caso, el suministrador de flota financia la batería y su reposición con recursos propios y un crédito a siete años (SF 07). El cual, como se verá en una tabla más adelante, tiene una tasa inferior a la del crédito para el operador de transporte en el mismo plazo. El suministrador de flota financia la infraestructura de carga con recursos propios y un crédito a 15 años (SF 15), con una tasa de interés menor a la del crédito que obtiene el operador de transporte por el mismo plazo.
4. ***Leasing* total**. El suministrador de flota financia todas las inversiones (bus, batería y equipos e infraestructura de carga) con recursos propios y un crédito a 15 años (SF 15), cuya tasa de interés es menor a la del crédito que obtiene el operador de transporte por el mismo plazo.

Los datos utilizados para el cálculo de costo de las componentes de inversión son los siguientes:

Cuadro 17: Costos por bus componentes de inversión para buses eléctricos.

	diésel	Eléctrico
Valor bus 12 m: completo (USD/bus)	$ 119.700	$ 300.000
Valor bus 12 m: sólo chassis y carrocería (USD/bus)	No aplica	$ 166.720
Valor batería inicial (USD/bus)	No aplica	$ 133.280
Valor reposición batería año 8 (USD/bus)	No aplica	$ 59.840
Valor cargador (USD/bus)	No aplica	$ 4.000
Valor infraestructura de carga (USD/bus)	No aplica	$ 30.000

Fuente: Elaboración propia

Nota: El "valor del bus 12 m: completo· (fila 2 del cuadro) incluye todas las componentes necesarias para la operación del bus, ya sea diésel o eléctrico. El "valor bus 12m: sólo chasis y carrocería· (fila 3) incluye sólo estas componentes para el bus eléctrico. Por separado, se indica el valor de la batería (fila 4). Esta separación no aplica para el caso de los buses Diésel.

Los datos del cuadro anterior han sido seleccionados a partir de un análisis comparativo entre los estudios de Grütter (2018), Deloitte (2018) y CRUSA-PNUMA-Centro Mario Molina de Chile (2021). Este análisis se presenta en el Anexo 2 de este documento. La mayoría de los datos considerados provienen del estudio CRUSA-PNUMA-Centro Mario Molina de Chile (2021), salvo la infraestructura de carga. CRUSA-PNUMA-Centro Mario Molina de Chile (2021) supone que el costo de la infraestructura de carga es asumido por la empresa de energía. En este trabajo se asumirá como supuesto inicial, que este costo lo asume el operador de transporte.

Considerando el número de buses supuesto en el análisis de TCO desarrollado por CRUSA-PNUMA-Centro Mario Molina de Chile (2021), esto es, 204 buses, entonces los costos totales de cada componente de inversión son los siguientes.

Cuadro 18: Costo por componente de inversión, según alternativa de financiamiento (millones USD, 2021)

	Bus diésel	Bus Eléctrico			
	situación actual	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Valor bus 12 m (millones USD)	$ 24,42	$ 61,20	$ 61,20		$ 61,20
Valor chassis y carrocería (millones USD)				$ 34,01	
Valor batería inicial (millones USD)				$ 27,19	
Valor reposición batería año 8 (millones USD)		$ 12,21	$ 12,21	$ 12,21	$ 12,21
Valor cargador (millones USD)		$ 0,82	$ 0,82	$ 0,82	$ 0,82
Valor infraestructura de carga (millones USD)		$ 6,12	$ 6,12	$ 6,12	$ 6,12

Fuente: Elaboración propia

Se supone que las condiciones de financiamiento para el operador de transporte y para el suministrador de flota en 7 y 15 años son las siguientes:

Cuadro 19: Condiciones de financiamiento.

	Operador de transporte recibe crédito a 7 años OT 07	Operador de transporte recibe crédito a 7 años (OT 07)	Operador de transporte recibe crédito a 15 años (OT 15)	Suministrador de activos recibe crédito a 7 años (SF 07)	Suministrador de activos recibe crédito a 15 años (SF 15)
Recibe crédito	Op. Transp.	Op. Transp.	Op. Transp.	Sum. Activos	Sum. Activos
período (años)	7	7	15	7	15
Tasa interés anual	8%	8%	8%	6%	6%
Moneda	USD	USD	USD	USD	USD
Prima	30%	30%	30%	30%	30%
Tasa interés mensual	0,643%	0,643%	0,643%	0,487%	0,487%
período (meses)	84	84	180	84	180

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se observa que, para el mismo plazo, la tasa de interés del suministrador de flota es menor que la del operador de transporte. Ambas tasas de interés son supuestos preliminares. La tasa de interés del operador de transporte, 8% en dólares a siete años, proviene de consultas realizadas por los autores de este trabajo con un banco costarricense. Este valor es ligeramente superior que lo que indica por Grütter (2021) de entre 6,9% y 7,5%.

La tasa de interés del suministrador de flota es un supuesto a partir de la tasa presentada por Grütter (2021) de 4,5% a 12 años, la cual estará apalancada por el Fondo de Movilidad Eléctrica, manejado por AFD y con involucramiento de Proparco, CAF, GIZ y la KfW. Durante el proceso de entrevistas, se obtuvo como referencia que la tasa de interés para empresas eléctricas es de 5%.

Las condiciones de financiamiento que se considerarán para cada componente de costo de inversión en cada una de las alternativas son las siguientes.

Cuadro 20: Condiciones de financiamiento, por componente de inversión, según alternativa

	Alternativa de financiamiento				
	Bus diésel	Bus Eléctrico			
Componente de inversión	situación actual	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Valor bus 12 m (millones USD)	OT 07	OT 07	OT 15		SA 15
Valor chassis y carrocería (millones USD)				OT 07	
Valor batería inicial (millones USD)				SA 07	
Valor reposición batería año 8 (millones USD)		OT 07	OT 07	SA 07	SA 07
Valor cargador (millones USD)		OT 07	OT 15	SA 15	SA 15
Valor infraestructura de carga (millones USD)		OT 07	OT 15	SA 15	SA 15

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de cuota anual por concepto de financiamiento de cada una de las componentes de inversión se presenta en el siguiente cuadro. Para este cálculo se consideró que el monto a financiar corresponde al 70% del monto indicado en el Cuadro 17. Las condiciones de financiamiento utilizadas corresponden a las indicadas en los Cuadros 19 y 20.

Cuadro 21: Cálculo de cuota anual de pago de crédito, por componente de inversión, según alternativa de financiamiento. En millones de USD.

Prima

en millones de USD	Alternativa de financiamiento				
	Bus diésel	Bus Eléctrico			
	situación actual	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Valor bus 12 m	$ 7,33	$ 18,36	$ 18,36		$ 18,36
Valor chassis y carrocería				$ 10,20	
Valor batería inicial				$ 8,16	
Valor reposición batería año 8		$ 3,66	$ 3,66	$ 3,66	$ 3,66
Valor cargador		$ 0,24	$ 0,24	$ 0,24	$ 0,24
Valor infraestructura de carga		$ 1,84	$ 1,84	$ 1,84	$ 1,84

Valor a financiar mediante crédito bancario

en millones de USD	Alternativa de financiamiento				
	Bus diésel	Bus Eléctrico			
	situación actual	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Valor bus 12 m	$ 17,09	$ 42,84	$ 42,84		$ 42,84
Valor chassis y carrocería				$ 23,81	
Valor batería inicial				$ 19,03	
Valor reposición batería año 8		$ 8,55	$ 8,55	$ 8,55	$ 8,55
Valor cargador		$ 0,57	$ 0,57	$ 0,57	$ 0,57
Valor infraestructura de carga		$ 4,28	$ 4,28	$ 4,28	$ 4,28

Cálculo de cuota mensual.

en millones de USD	Alternativa de financiamiento				
	Bus diésel	Bus Eléctrico			
	situación actual	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Valor bus 12 m	$ 0,26	$ 0,66	$ 0,40		$ 0,36
Valor chassis y carrocería				$ 0,37	
Valor batería inicial				$ 0,28	
Valor reposición batería año 8		$ 0,13	$ 0,13	$ 0,12	$ 0,12
Valor cargador		$ 0,01	$ 0,01	$ 0,00	$ 0,00
Valor infraestructura de carga		$ 0,07	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04
	264.047	661.771	402.527	-	357.840

Cálculo de cuota anual.

en millones de USD	Alternativa de financiamiento				
	Bus diésel	Bus Eléctrico			
	situación actual	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Valor bus 12 m	$ 3,17	$ 7,94	$ 4,83	$ -	$ 4,29
Valor chassis y carrocería	$ -	$ -	$ -	$ 4,41	$ -
Valor batería inicial	$ -	$ -	$ -	$ 3,32	$ -
Valor reposición batería año 8	$ -	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,49	$ 1,49
Valor cargador	$ -	$ 0,11	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Valor infraestructura de carga	$ -	$ 0,79	$ 0,48	$ 0,43	$ 0,43

Fuente: Elaboración propia

Nota: Para el cálculo anterior se utilizó la función “PAGO” de Excel, que calcula el valor de las cuotas asociadas al financiamiento de una inversión considerando el monto a financiar, una tasa de interés y número de períodos en los que se pagará esta cuota.

Para el cálculo de los costos de combustible, energía y mantenimiento, se utilizan los siguientes datos, que proviene del análisis comparativo entre estudios presentado en el Anexo 2 de este informe.

Cuadro 22: Resumen de datos y cálculo de costos combustible, energía y mantenimiento.

Combustible y energía

	Valor
miles kms/año/bus	40
miles kms/año/flota	8.189
diésel: materiales y personal (USD/km)	0,15
eléctrico: materiales y personal (USD/km)	0,09
diésel: materiales y personal (miles USD/año)	1,26
eléct: materiales y personal (miles USD/año)	0,70

Mantenimiento

	Valor
Precio diésel (USD/l)	0,90
Precio Energía (USD/kWh)	0,10
Rendimiento combustible (km/l)	2,13
Rendimiento energía (km/kWh)	0,76
Costo combustible (miles USD/año)	3,46
Costo energía (miles USD/año)	1,03

Fuente: Elaboración propia

En este cálculo de TCO se considera que la tasa de descuento es de 8,1%. Esta tasa de descuento fue calculada por Grütter (2018) considerando que las inversiones se financian en un 70% con créditos. El resto (30%) lo paga el operador de transporte con recursos propios. El costo del capital del operador de transporte es de 12%. Así el costo promedio ponderado del capital (WACC) es de 8,1%.

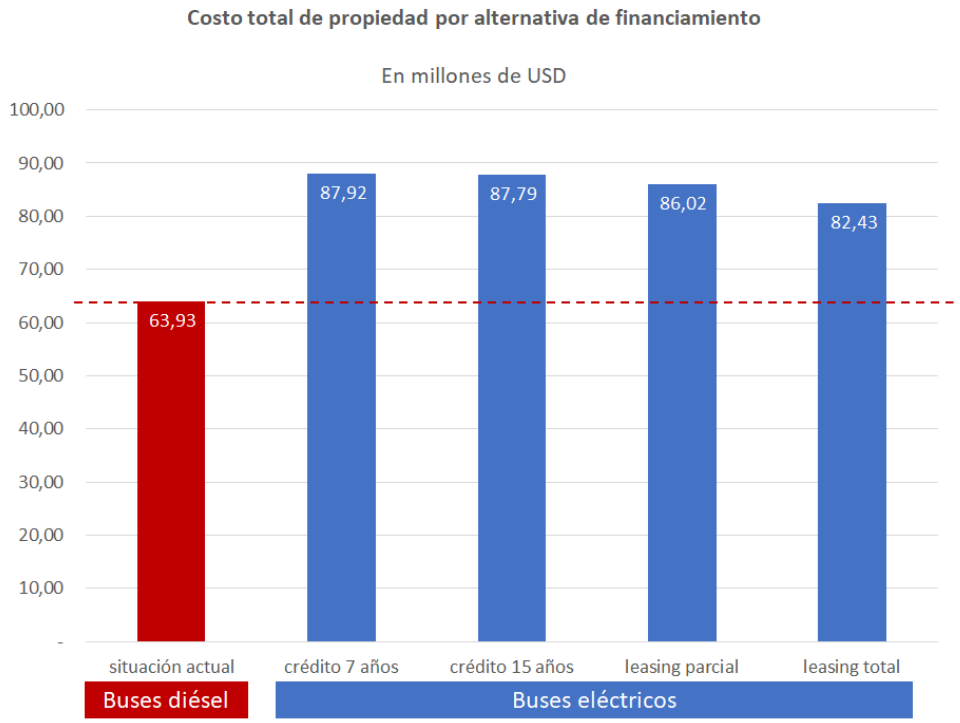
En el siguiente cuadro y figura se presenta el resultado del cálculo del TCO (valor actual del flujo de costos durante un período entre 7 y 15 años dependiendo de la alternativa que se analice) para el caso en que todos los componentes de inversión son considerados, esto es, bus, baterías y equipos e infraestructura de carga. Como se observa, el TCO en la situación actual (USD 64 millones) es significativamente menor que el TCO bajo las otras alternativas de financiamiento que fluctúan entre USD 80 y 88 millones. Bajo estas condiciones, los buses eléctricos no son financieramente viables. Se requiere entonces pensar en otras alternativas para reducir los costos de incorporación de buses eléctricos en el AMSJ.

Cuadro 23: Estimación del TCO, considerando todas las componentes de inversión. En millones de USD.

	Alternativa de financiamiento				
	Bus diésel	Bus Eléctrico			
	situación actual	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
TCO	$ 63,93	$ 87,92	$ 87,79	$ 86,02	$ 82,43
Diferencia c/r a situación actual		$ 23,99	$ 23,86	$ 22,09	$ 18,50

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Costo total de propiedad por alternativas de financiamiento (en millones de USD)



Fuente: Elaboración propia.

Una de las explicaciones para el menor TCO de los buses diésel es el precio de estos vehículos (119 mil USD), sustancialmente menor al de los buses eléctricos (300 mil USD). Los buses diésel utilizados en San José tienen este valor porque cumplen una norma de emisiones baja, Euro III. Sin embargo, si se exigiera buses con una norma de emisión más exigente, como la Euro VI, el precio de éstos subiría de manera significativa a 220 mil USD. Repitiendo el mismo cálculo de TCO anterior, pero considerando ahora este precio, se obtienen los resultados que se presentan en el siguiente cuadro. Se observa que el TCO de la flota de buses diésel se incrementa de 63 a 83 millones de dólares. Así, las diferencias entre esta situación actual y las alternativas de financiamiento de buses eléctricos se reducen sustancialmente. De hecho, el TCO de la alternativa de leasing total (82,4 millones de USD) es ligeramente inferior a la situación actual (83,8 millones de USD).

Cuadro 24: Estimación del TCO, considerando buses diésel Euro VI. En millones de USD.

	Alternativa de financiamiento				
	Bus diésel	Bus Eléctrico			
	situación actual	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
TCO	$ 83,84	$ 87,92	$ 87,79	$ 86,02	$ 82,43
Diferencia c/r a situación actual		$ 4,07	$ 3,95	$ 2,18	$ (1,41)

Fuente: Elaboración propia.

En este sentido, se han analizado las siguientes alternativas para la reducción del TCO de buses eléctricos:

- La infraestructura de carga es provista sin costo para los operadores de transporte, esto es, el costo de esta se reduce de 30 mil USD por bus a 0.
- Las tasas de interés para el financiamiento de las distintas componentes de inversión se reducen. El costo del financiamiento se reduce de una tasa de interés de 8% (Cuadro 14) a 3% para los operadores de transporte y de 5% a 2% para los suministradores de activos.
- Los buses eléctricos se consiguen a un precio 30% menor al considerado en el análisis anterior, esto es, se reduce de 300 mil USD a 210 mil USD.

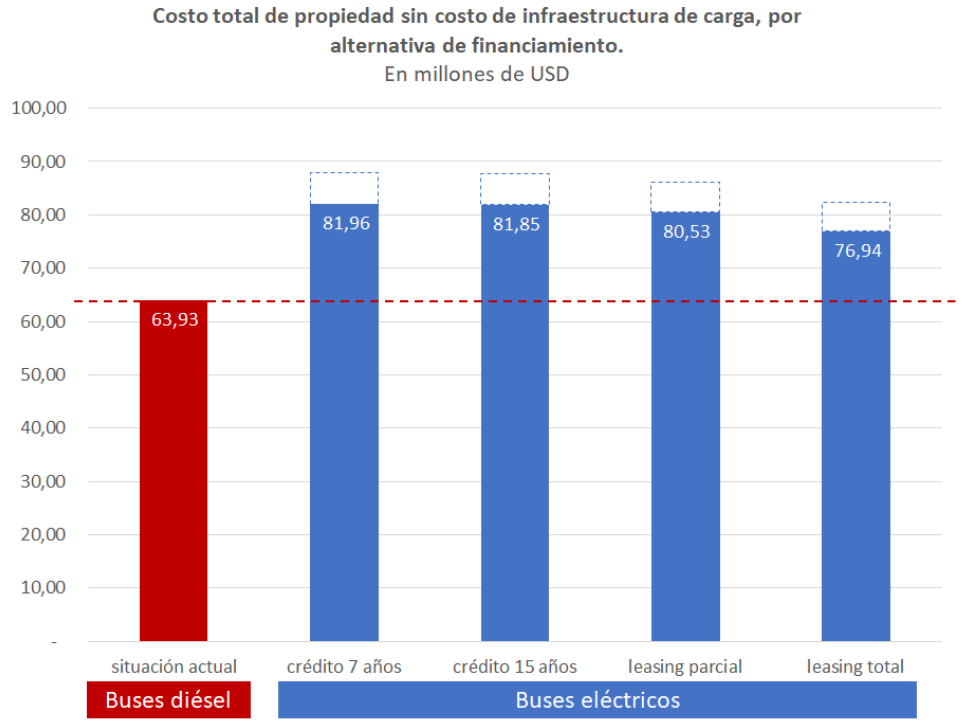
Se ha evaluado el TCO considerando cada una de estas alternativas por separado. Luego, se ha evaluado el TCO considerando todas estas alternativas en conjunto. En el siguiente cuadro y en las siguientes figuras se presentan los resultados.

Cuadro 25: Estimación del TCO, suponiendo entrega de infraestructura de carga sin costo para el operador de transporte. En millones de USD

	Bus diésel	Bus Eléctrico			
	situación actual	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
TCO	$ 63,93	$ 87,92	$ 87,79	$ 86,02	$ 82,43
TCO sin costo de infra de carga	$ 63,93	$ 81,96	$ 81,85	$ 80,53	$ 76,94
TCO con tasas de interés más bajas (3% y 2%)	$ 63,93	$ 80,53	$ 74,88	$ 79,08	$ 72,51
TCO con vehículo más barato (30% menos)	$ 63,93	$ 70,05	$ 69,96	$ 68,15	$ 65,96
TCO sin costo infra., tasas más bajas y bus más barato	$ 63,93	$ 59,11	$ 55,49	$ 58,36	$ 53,92

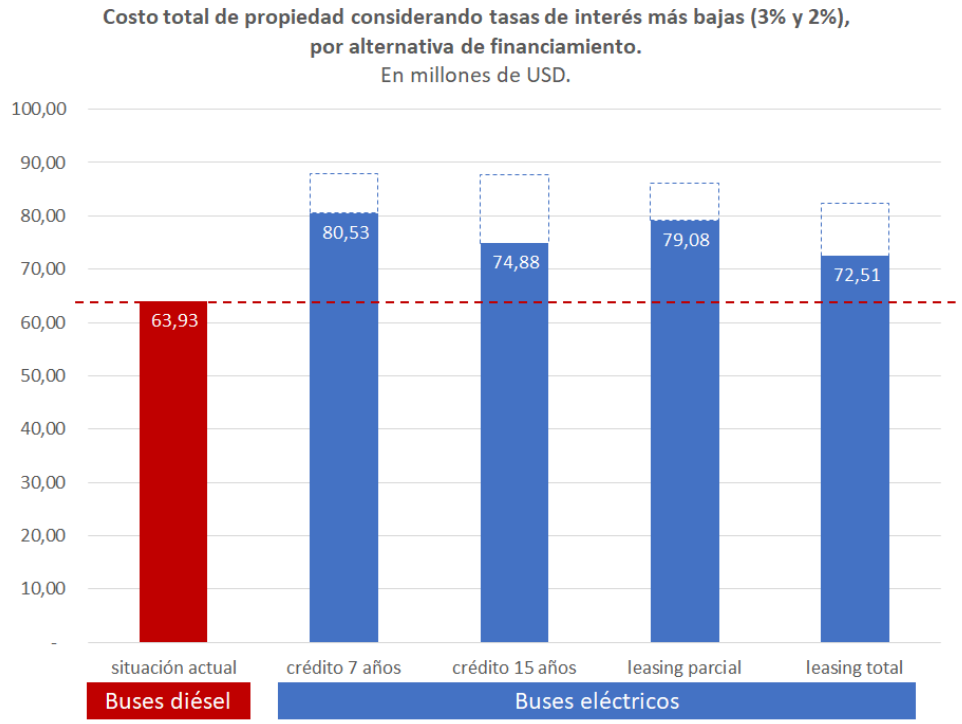
Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Costo total de propiedad sin costo de infraestructura de carga, alternativa de financiamiento (en millones de USD)



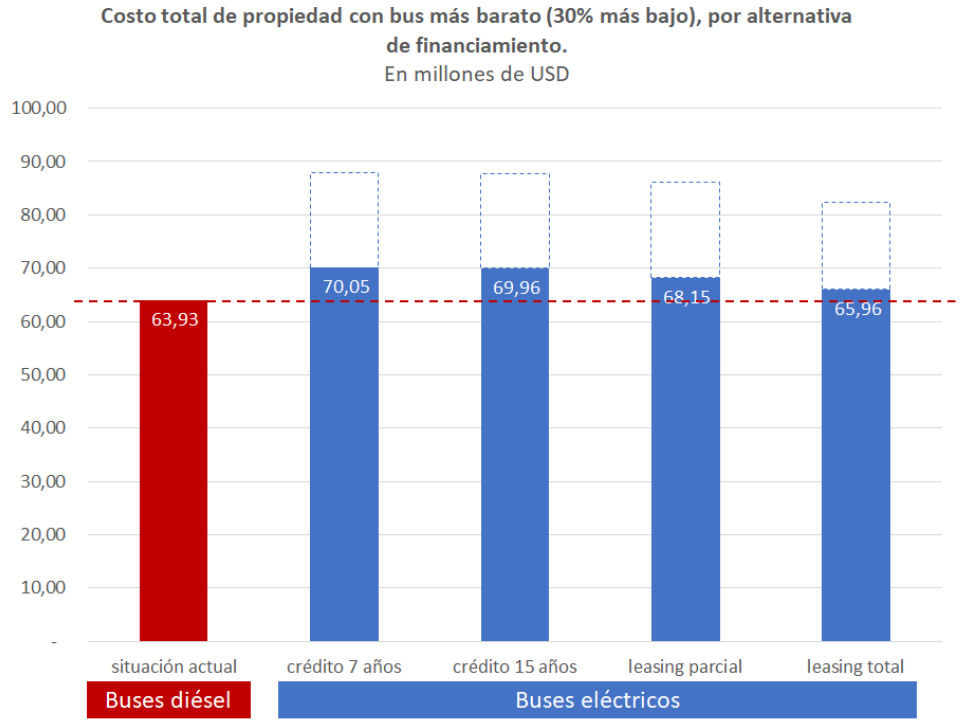
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10: Costo total de propiedad considerando tasas de interés más bajas (3% y 2%), por alternativa de financiamiento (en millones de USD)



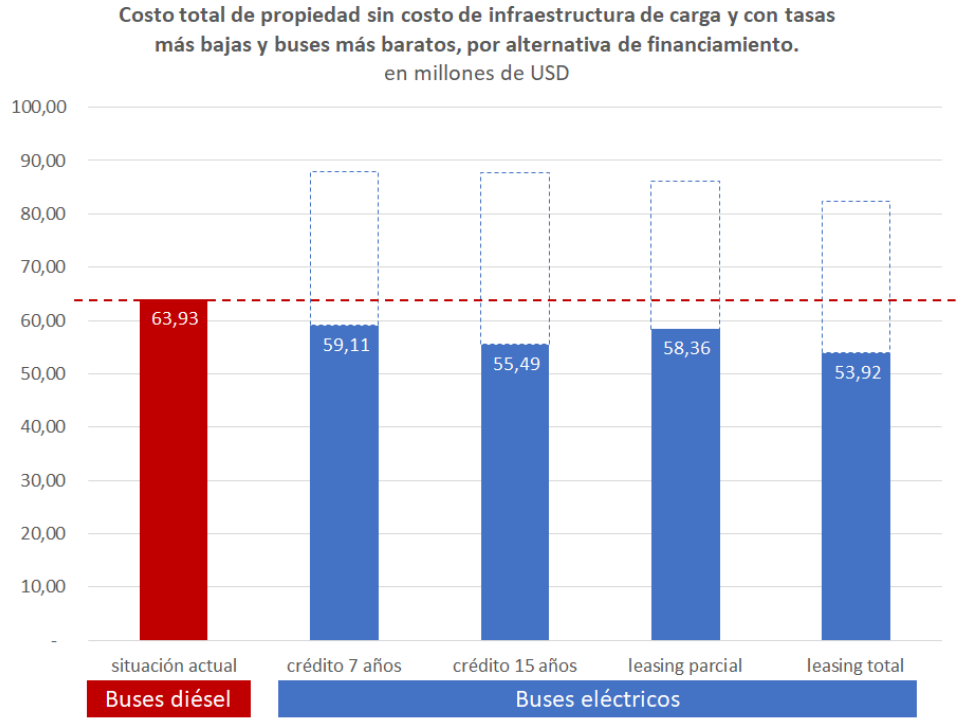
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11: Costo total de propiedad con bus más barato (30% más bajo), por alternativa de financiamiento (en millones de USD)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12: Costo total de propiedad sin costo de infraestructura de carga, con tasas más bajas y buses más baratos, por alternativa de financiamiento (en millones de USD)



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro anterior se observa que la evaluación del TCO de cada una de las alternativas por separado sigue siendo mayor que el TCO de la situación actual con buses diésel. Sin embargo, al evaluar de manera conjunta el efecto de todas estas alternativas de reducción de costo, se observa que el TCO es inferior al de la situación actual con buses diésel.

4.2 Consultas a fabricantes e instituciones financieras

A los efectos de validar las hipótesis preliminares sobre los costos de adquisición de buses y condiciones de financiamiento, se realizaron consultas a distintos fabricantes e instituciones financieras.

Se realizaron consultas a tres fabricantes de buses eléctricos de origen chino con presencia en América Latina - *BYD, Sunwin* y *Yutong* - a fin de obtener una estimación de los precios de dos tipologías de buses. En primer lugar, se enviaron cartas con solicitud de información detallada según las siguientes características:

- Buses de 10 y 12 metros de largo.
- Cotización separada para la compra de 10 o 50 buses
- Capacidad para recorrer 173 kilómetros diarios en el Área Metropolitana de San José[50].

Asimismo, se solicitó a los fabricantes indicar las características técnicas de estos modelos de buses (i.e. años o número de kilómetros de vida útil, capacidad de pasajeros), de baterías (i.e. tipo de batería, capacidad de almacenamiento de energía en kWh, año en el cual se debe reponer y costo

[50] Esta capacidad proviene del estudio CRUSA-PNUMA (2020).

de la reposición), de cargadores (AC o DC y potencia en kW) y de costos de mantenimiento por kilómetro (indicando qué tipo de mantenimiento supone).

En el siguiente cuadro se muestran los precios estimados por los fabricantes, que solicitaron reserva de identidad. Las respuestas obtenidas fueron por vía de reuniones virtuales, dado que los fabricantes no respondieron a las consultas por escrito.

Cuadro 26: Precio de buses eléctricos según fabricante y largo del bus (miles de USD)

largo bus	Marca 1	Marca 2	Marca 3
10 m	260	220	250-300
12 m	300-360	-	350-400

Fuente: Elaboración propia

En vista de las respuestas, se considera razonable mantener la estimación inicial de 300.000 dólares por bus, que corresponde a la estimación superior para un bus de 10 metros de largo y coincide con la cota inferior para un bus de 12 metros. Nótese que ningún fabricante ofrecería un precio unitario menor por la compra de más buses.

El método para consultar las condiciones de financiamiento fue similar al de las consultas de precios de buses. En primer lugar, se escribieron cartas detalladas a los representantes de dos entidades financieras: un banco público de Costa Rica y un banco privado del mismo país. Además, se realizaron dos reuniones virtuales con el Banco Mundial, como representante de la banca multilateral.

Las cartas incluyeron la solicitud de cotización para financiar la compra de 10 y de 50 buses eléctricos, con dos tipos de comprador: un operador concesionario de transporte, y una empresa distribuidora de energía eléctrica. Con esto se buscaba conocer las diferencias entre las tasas de interés de créditos ofrecidos a operadores de transporte, que son empresas pequeñas con alto costo de endeudamiento, y a suministradores de activos, como empresas de energía que son empresas grandes con menores costos de endeudamiento. Se consideraron dos plazos: de siete años y de 15 años, suponiendo en este último caso que la duración de las concesiones se extiende a 15 años.

Asimismo, se detallaron las siguientes condiciones:

- El precio de cada bus es de 300 mil USD.
- Se solicita, en lo posible, crédito en dólares
- Sin periodo de gracia
- Prima: 10%
- La autoridad de transporte, para dar mayor garantía a los financistas, establece un gravamen sobre estos buses eléctricos para que sólo puedan ser utilizados en el sistema de transporte público de San José.

Al igual que los fabricantes de buses, los representantes de los bancos declinaron responder por escrito y lo hicieron por medio de reuniones virtuales, solicitando reserva de identidad. El siguiente cuadro resume las tasas de interés ofrecidas por dos de los bancos según distintos modelos de negocio.

Cuadro 27: Tasas de interés (% anual) ofrecidas por los bancos según escenario.

Banco 1 (tasas en dólares estadounidenses)								
Compra	10 buses				50 buses			
Comprador	Operador de transporte		Empresa de energía		Operador de transporte		Empresa de energía	
Plazo (años)	7	15	7	15	7	15	7	15
Interés con riesgo (%)	8,5	8,5	7,0	7,0	8,5	8,5	7,0	7,0
Interés sin riesgo (%)	7,0	7,0	6,5	6,5	7,0	7,0	6,5	6,5
Banco 2 (tasas en colones)								
Compra	10 buses				50 buses			
Comprador	Operador de transporte		Empresa de energía		Operador de transporte		Empresa de energía	
Plazo (años)	7	15	7	15	7	15	7	15
Interés con riesgo (%)	6	6	S/D		5,75	5,75	S/D	
Interés sin riesgo (%)	5,5 - 5,75	5,5 - 5,75			5,25 - 5,5	5,25 - 5,5		

Fuente: Elaboración propia

El banco multilateral, en tanto, se mostró dispuesto a ofrecer tasas de entre 2% y 3% anual en dólares para una concesión de 15 años, aunque con la condición de que se obtengan garantías soberanas.

En las reuniones con este banco multilateral también se discutió acerca de las condiciones que pondría la autoridad de finanzas públicas para estar dispuesta a entregar garantías soberanas. Probablemente, esta autoridad requeriría que primero se adoptaran ciertas medidas para reducir el riesgo de ingreso de esta industria. Dentro de estas medidas se cuentan las siguientes:

- Recaudación de los ingresos por parte de un ente centralizado independiente del operador de transporte.
- Cesión de derechos sobre la recaudación en favor de la entidad financiera o el suministrador de activos.
- Declaración de los buses como “bienes afectos a la concesión.” Esto es, establecer un gravamen sobre estos buses y otros activos (como la infraestructura de carga) de modo que siempre sean utilizados dentro del sistema de transporte público, independientemente de la empresa que los opere.
- Pago total o parcial según kilómetros recorridos.

Para el escenario base del TCO, se asumieron tasas anuales de 8% (en dólares) para un operador de transporte y de 6% para una empresa de energía, lo que es consistente con las tasas señaladas por los bancos 1 y 2.[51]

[51] Nótese que la inflación promedio de Costa Rica en el periodo 2015-2020 (1.3%) es menor a la de los Estados Unidos (1.8%). En promedio, el colón costarricense se depreció un 3% anual frente al dólar entre 2016 y 2021.

Así, la condición de tasas bajas puede ser lograda por medio de un crédito de la banca multilateral, si se cumplen las condiciones para obtener garantías soberanas. Tal como se muestra en la sección 4.1, junto con el análisis de sensibilidad que se presenta a continuación, el obtener dichas condiciones es de vital importancia para que los concesionarios vean como una opción atractiva desde el punto de vista económico la incorporación de buses eléctricos.

4.3 Análisis de sensibilidad

Dado que los datos para la estimación base presentan variabilidad, lo que implica un riesgo para los operadores e instituciones financieras en caso en que no se cumplan las estimaciones iniciales, se realizó un análisis de sensibilidad de Monte Carlo (Mooney, 1997) que permite estimar la diferencia en el costo total de propiedad para distintos modelos de negocio y escenarios.

Para realizar este análisis, se asume que determinados parámetros tienen variabilidad en lugar de adoptar un valor fijo. Habitualmente, se supone que los parámetros adoptan valores correspondientes a una distribución de probabilidad normal (como en este caso), uniforme o triangular.

A continuación, se muestran los valores promedio y desvío estándar (expresado como porcentaje del valor promedio) estimados para cada uno de los parámetros variables. Nótese que los promedios coinciden con los valores del caso base (sección 4.1). Para cada variable se asumió un desvío estándar de 5%, 10% o 20% del promedio en función de la variabilidad entre las distintas fuentes de información citadas en la sección 4.1 y presentadas en el Anexo 2 de este informe.

Cuadro 28: Variabilidad de parámetros para análisis de sensibilidad.

Variable	Valor promedio	Desvío estándar (%)
flota	204	5
WACC (%)	8,10%	10
precio bus diésel (USD)	119.700	10
precio bus eléctrico (USD)	300.000	10
precio baterías/bus (USD)	133.280	20
reposición batería año 8 (USD)	59.840	20
cargador (USD)	4.000	20
infraestructura de carga (USD)	30.000	20
interés OT (% anual)	8%	10
interés SF (% anual)	6%	10
km/año/bus	40144	10
mantenimiento bus diésel/km (USD)	0,153	20
mantenimiento bus eléctrico/km (USD)	0,086	20

precio diésel (USD/l)	0,900	5
precio energía (USD/kWh)	0,095	10
rendimiento bus diésel (km/l)	2,13	5
rendimiento energía (km/kWh)	0,76	5

Fuente: Elaboración propia

Nota: La simulación de Monte Carlo se realizó en Microsoft Excel ®, con el siguiente procedimiento:

1 - se establecen números aleatorios, con la función ALEATORIO(), para las distintas variables. Este procedimiento se repite en 10.000 filas, de modo tal de asegurar que los valores promedio de cada distribución en la hoja de cálculo sean similares a las estimaciones del cuadro anterior.
2 - a través de la función DISTR.NORM.INV, se convierten los valores aleatorios del paso anterior en valores correspondientes a la distribución normal de cada parámetro variable.
3 - para cada fila de la hoja de cálculo, se calculan los TCO para todos los modelos de negocio utilizando el procedimiento de la Sección 4.1.

Al igual que en la estimación inicial, además del escenario base se simularon casos con disminución del 30% en el valor del bus eléctrico, tasas de interés anual promedio de 3% para operadores de transporte y de 2% para empresas de energía, sin costo de infraestructura de carga para el operador y la combinación de estas modificaciones.

En la figura siguiente se muestran los resultados del análisis comparativo entre el TCO de los buses diésel y eléctricos con distintos modelos de negocio. A diferencia de los cálculos iniciales, el análisis de Monte Carlo permite estimar casos favorables y desfavorables ordenando de mayor a menor la diferencia entre el TCO con buses diésel y buses eléctricos. Así, en las tablas siguientes se muestran:

- valor promedio de la diferencia de TCO
- caso desfavorable P5, que corresponde al percentil 5 mayor para (TCO eléctrico - TCO diésel)
- caso favorable P95, que corresponde al percentil 5 mayor para (TCO diésel - TCO eléctrico)
- mediana y cuartiles P25 y P75.

A continuación, se muestran los resultados del análisis.

Cuadro 29: Análisis de sensibilidad: comparación de TCO bus eléctrico/diésel por modelo de negocio y percentil

Escenario base

	Alternativa de financiamiento			
	Bus Eléctrico			
	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Promedio	-23,99	-23,94	-22,09	-18,55
P5	-37,43	-37,71	-35,46	-31,41
P25	-29,37	-29,41	-27,44	-23,70
mediana	-23,95	-23,81	-22,03	-18,47
P75	-18,51	-18,29	-16,65	-13,26
P95	-10,90	-10,55	-9,09	-5,87

Sin costo de infraestructura de carga

	Alternativa de financiamiento			
	Bus Eléctrico			
	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Promedio	-18,03	-17,98	-16,60	-13,05
P5	-31,32	-31,41	-29,80	-25,72
P25	-23,33	-23,36	-21,88	-18,12
mediana	-17,98	-17,84	-16,55	-12,95
P75	-12,64	-12,51	-11,23	-7,88
P95	-5,13	-4,80	-3,69	-0,61

Tasas de interés más bajas (3%/2%)

	Alternativa de financiamiento			
	Bus Eléctrico			
	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Promedio	-16,58	-10,96	-15,13	-8,57
P5	-29,23	-22,87	-27,68	-20,24
P25	-21,64	-15,76	-20,13	-13,24
mediana	-16,59	-10,99	-15,13	-8,61
P75	-11,43	-6,09	-10,04	-3,82
P95	-4,17	0,89	-2,78	3,04

Vehículo 30% más barato

	Alternativa de financiamiento			
	Bus Eléctrico			
	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Promedio	-6,07	-6,04	-4,18	-2,02
P5	-17,22	-17,34	-15,28	-12,75
P25	-10,59	-10,61	-8,68	-6,38
mediana	-6,12	-6,05	-4,23	-2,05
P75	-1,49	-1,40	0,37	2,42
P95	4,99	5,13	6,91	8,74

Vehículo más barato, tasas de interés más bajas y sin costo de infraestructura de carga

	Alternativa de financiamiento			
	Bus Eléctrico			
	crédito 7 años	crédito 15 años	leasing parcial	leasing total
Promedio	4,88	8,49	5,63	10,06
P5	-5,57	-1,64	-4,84	0,12
P25	0,61	4,33	1,39	5,97
mediana	4,78	8,34	5,50	9,93
P75	9,15	12,60	9,89	14,12
P95	15,56	18,85	16,31	20,34

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos son consistentes con la estimación base (sección 4.1) y permiten brindar detalles adicionales:

Si se dieran las condiciones más favorables, es decir tasas de interés más bajas, buses eléctricos más baratos e infraestructura de carga sin cargo para el operador, todos los modelos de negocio arrojan un menor costo total para los operadores, no sólo en el promedio sino también en el 75% de los escenarios simulados (p25). Incluso, en el modelo de leasing total el resultado favorece la compra de buses eléctricos en el 95% de las simulaciones (p5).

Para las condiciones base analizadas en la sección 4.1, la comparación de TCO es desfavorable a la compra de buses eléctricos en todos los modelos de negocio y en más del 95% de los escenarios simulados.

El modelo de *leasing* total presenta los mejores resultados para la incorporación de buses eléctricos en todos los casos. En la comparación con el modelo tradicional de compra de buses diésel, su TCO es menor en más del 5% de los escenarios simulados (p95) si se obtuvieran tasas de interés reducidas, y en más del 25% de los escenarios simulados (p75) si los buses eléctricos fueran un 30% más baratos que lo estimado inicialmente.

4.4 Conclusión

En resumen, debe destacarse que, para que la inversión en buses eléctricos resulte atractiva desde el punto de vista económico para los operadores, las condiciones de compra y financiamiento deberían ser más favorables de lo estimado inicialmente sobre la base de la información disponible. Para alcanzar un costo con buses eléctricos un costo total igual o inferior al de la operación con buses diésel en las condiciones actuales, es necesario obtener garantías soberanas para reducir las tasas de interés - lo que necesita de cambios sustantivos a los contratos de concesión actuales en el AMSJ - y además se deberían subsidiar tanto la compra de los buses como la infraestructura de carga. El otorgamiento de dichos subsidios por parte del Estado podría justificarse por beneficios externos tales como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación ambiental y acústica local, lo que requiere de estudios particulares.

Cabe destacar que a futuro las condiciones podrían ser más favorables para la incorporación de los buses eléctricos: es de esperar que, a medida que aumenta la participación de estos buses en ciudades de distintos países, se produzca mayor competencia entre los fabricantes, lo que podría reducir el precio de los buses y además incentivar la innovación, permitiendo aumentar tanto el rendimiento como la vida útil de las baterías.

5 Análisis de riesgos de la incorporación de buses eléctricos en el AMSJ.

5.1 Hallazgos encontrados para la definición de riesgos.

El presente estudio desarrolló un análisis cualitativo y cuantitativo con la finalidad de diagnosticar la factibilidad de responder a la pregunta planteada sobre ¿Cómo hacer financieramente viable la implementación del artículo 28 de la Ley 9518?, dado que la exigencia de incorporar autobuses eléctricos en el país se encuentra definido por ley.

El análisis cualitativo se realizó siguiendo el marco analítico de la sección 2.1, determinando los componentes del modelo de negocios del transporte público modalidad autobús del AMSJ y el grado de separación vertical del CAPEX, de donde se encontraron los siguientes hallazgos:

- Los recursos reembolsables y no reembolsables son escasos. Para el caso de los reembolsables, el único existente es el financiamiento comercial. Para los no reembolsables se pueden encontrar las exoneraciones tributarias, ingresos por publicidad y venta de autobuses, pero principalmente los ingresos por la recaudación.
- Distribución de responsabilidades y riesgos entre diferentes actores es limitada. El sistema opera bajo el modelo de integración vertical o sin separación y las coberturas de riesgos existentes son las privadas.
- Los componentes de costos del OPEX y CAPEX se encuentran definidos por el régimen tarifario, en función del principio de servicio al costo y según las obligaciones establecidas en la normativa y los contratos de concesión.
- Si bien las políticas de modernización están planteadas de manera oficial en el SITGAM, su implementación a la hora de escribir este estudio aún resulta incierta.

El análisis cuantitativo se desarrolló por medio de la estimación del TCO, con base en las condiciones de financiamiento actuales e incluso tomando los efectos de las políticas de modernización, como el plazo a 15 años y el recaudo centralizado. Se concluyó que para que sea financieramente viable, la incorporación de autobuses eléctricos en el AMSJ, se requieren las siguientes condiciones:

1. Disminución costos de adquisición de los autobuses
2. Tasas más bajas y plazos más altos
3. La infraestructura de carga provista por un actor distinto al operador

El principal reto que enfrenta la incorporación de autobuses eléctricos en el AMSJ es la brecha existente entre el nivel de inversión requerido y la habilidad del sistema para conseguir créditos blandos y disminuir el monto final a financiar, lo cual va a requerir de modificaciones estructurales al marco normativo.

Dado lo anterior, se analizará el nivel de riesgo del sistema según los dos ejes definidos en el marco analítico – riesgos de ingreso y riesgos de costos de inversión -, de modo tal que se pueda definir una estrategia que permita aumentar la posibilidad del sistema de transporte público de cumplir con las condiciones establecidas en el capítulo anterior.

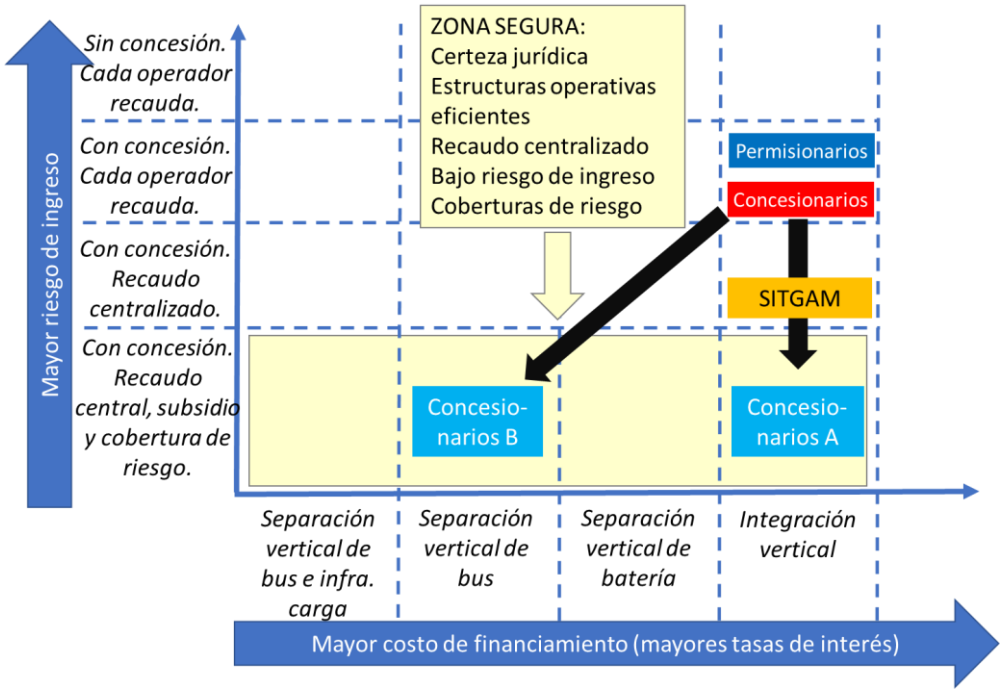
5.2 Riesgos de ingreso y costo de inversión (necesidad de mejorar la cobertura de riesgos)

Los riesgos para la incorporación de buses eléctricos pueden ser clasificados en dos: riesgos de ingreso y riesgos de costos de inversión. En términos de riesgo de ingreso, la situación actual se encuentra en un nivel medio. En términos de riesgo de costo de inversión, la situación actual se

encuentra en un nivel alto. Las razones para estas calificaciones se presentan en los cuadros 30 y 31.

En la siguiente figura se presenta un gráfico bidimensional de los riesgos de ingreso y de costo de inversión. Se indica el cuadrante en el cual se encuentran los permisionarios y los concesionarios del AMSJ. También se indica el cuadrante de riesgo en que se encontraban los operadores de Santiago y Bogotá, que incorporaron masivamente buses eléctricos. El sistema del AMSJ se debe mover en esa dirección con el objeto de reducir los riesgos de ingreso y costo de inversión para acelerar la incorporación de buses eléctricos.

Figura 13: Gráfico de riesgos de ingreso y de costo de inversión



Fuente: Elaboración propia

El riesgo de ingreso está relacionado con el modelo de regulación del sistema de transporte público, tal como se describe en el siguiente cuadro.

Cuadro 30: Riesgo de ingreso y modelo de regulación de sistema de transporte público

Riesgo de ingreso	Modelo de regulación de sistema de transporte público	Descripción
ALTO	Sin concesión. Libre mercado. Competencia en la calle para captar pasajeros.	Este modelo es el que presenta mayor grado de exposición al riesgo de demanda. Pueden entrar nuevos operadores al sistema. Además, hay competencia en la calle entre los operadores.
MEDIO	Con concesión bajo contrato a costo neto. Cada operador de transporte se encarga de recaudar las tarifas de los pasajeros. El ingreso del operador es básicamente esta recaudación.	Este modelo tiene menos riesgo que el modelo sin concesión, porque los operadores no enfrentarán nuevos entrantes. En Costa Rica, los operadores tienen siete años dentro del sistema con el derecho a explotar el negocio del transporte público en las vías del AMSJ. Esto permite acceder a crédito bajo condiciones un poco más ventajosas que en el modelo sin concesión. Sin embargo, persiste el problema de la competencia en la calle cuando la concesión ha sido organizada con base en rutas, como es el caso del AMSJ. Este problema se controla en la medida que la concesión esté organizada con base en áreas o sectores de la ciudad. También, bajo este modelo de regulación, cada operador se encarga de recaudar. Este esquema tiene mayor riesgo que el modelo de concesión a costo bruto donde es una organización independiente del operador de transporte la que recauda. En estos sistemas también se puede ceder derecho sobre los ingresos de tal suerte que algunos proveedores o entidades financieras puedan disponer directamente del dinero, sin que éste pase por las manos del operador. Tanto el recaudo centralizado como la cesión de derechos permite reducir el riesgo de ingresos y, con ello, conseguir mejores tasas de interés para el financiamiento de los buses eléctricos.
BAJO	Con concesión bajo contrato a costo bruto (los ingresos del operador provienen de un pago que realiza la autoridad de transporte sobre la base de número de pasajeros transportados, kilómetros recorridos, u otra variable o combinación de variables).	Este modelo es el menos riesgoso dentro de esta tabla. Aparte de tener una concesión, el operador recibe un pago por los servicios que presta. Este pago puede depender del número de pasajeros que transporta, o del número de kilómetros que opera, u otra variable relacionada con la operación, o una combinación de las anteriores. Así, el riesgo de ingreso se reduce en la medida que una parte del pago no depende del número de pasajeros transportados y depende de una variable que está directamente bajo el dominio del operador como son los kilómetros.

Fuente: Elaboración propia

El riesgo de costo de inversiones está relacionado con el modelo de financiamiento utilizado, tal como se describe en el siguiente cuadro.

Cuadro 31: Riesgo de costo de inversiones y modelo de financiamiento

Riesgo de inversiones	Modelo de financiamiento	Descripción
ALTO	Clásico. Integración vertical. El operador de transporte realiza todas las inversiones.	El costo de endeudarse para una empresa de transporte del AMSJ es mayor que el que tendría una empresa suministradora de flota (ya sea administrada por un inversionista o por una empresa de energía).
MEDIO	Separación vertical de inversiones de componentes eléctricos críticos (batería, cargador e infraestructura de carga). El suministrador de flota compra con recursos propios o con financiamiento las baterías y la infraestructura de carga. Luego lo entrega al operador de transporte bajo un contrato de *leasing* financiero. El chasís y la carrocería son compradas por el operador de transporte con recursos propios y financiamiento de un banco.	Éste es un caso intermedio de riesgo de costo de inversión. Una parte de la inversión es asumida por el suministrador de flota (menor costo de endeudamiento) y otra es asumida por el operador de transporte (mayor costo de endeudamiento).
BAJO	Separación vertical de todas las inversiones (bus, batería y equipos e infraestructura de carga).	En este caso, el suministrador de flota es una empresa que se puede endeudar a un menor costo con respecto a un operador de transporte.

Fuente: Elaboración propia

5.3 Incertidumbre sobre la consolidación de las políticas públicas de modernización

Particularmente para el caso del AMSJ, existen riesgos generados por la incerteza del proceso de consolidación de las políticas públicas, lo cual dificulta la estructuración de un modelo de negocios que permita viabilizar las tres condiciones planteadas por el análisis financiero. Por tanto, a continuación se efectuará un análisis de los riesgos generados por estas incertezas:

5.3.1 Disminución de los costos de adquisición:

Efecto de la sectorización

La estructuración del esquema operativo de los concesionarios en función al nuevo sistema tronco-alimentado permitirá definir tipologías de autobuses en relación con los kilómetros recorridos, tiempos de viaje y capacidad requerida.

Bajo la nueva propuesta de tipologías se debe considerar que las troncales serán alimentadas únicamente por autobuses de alta capacidad y las no troncales (alimentadoras e interlíneas) por vehículos de menor capacidad cómo autobuses convencionales, busetas y microbuses.

El efecto, la incorporación de autobuses eléctricos gira en torno a la necesidad de determinar si su incorporación se hará de manera simultáneamente en las rutas troncales o no troncales o bien por

fases tomando en cuenta los costos de inversión según la tipología de autobús y la cantidad de unidades requeridas según estas dos categorías.

Se debe tomar especial atención al efecto en términos de costo de adquisición que tendrían los autobuses articulados o de alta capacidad y la factibilidad que puedan ser incorporados en el sistema. Adicionalmente, la variable de tiempos de viaje resulta fundamental para analizar con mayor precisión la posibilidad de incluir autobuses con menor número de asientos y menor tamaño.

5.3.2 Tasas más bajas y plazos más altos

Efecto del plazo

Como se determinó anteriormente existen incógnitas en cuanto al plazo de concesión de las futuras renovaciones, en donde existen tres posibles alternativas:

- Plazo de 3 años: Existe un proyecto de ley en la Asamblea Legislativa que plantea una disminución del plazo actual.

- Plazo de 7 años: Es el actual y de no ampliarse haría inviable la incorporación de autobuses eléctricos bajo el modelo de negocio sin separación vertical de acuerdo con lo que se demuestra en la sección 4

- Plazo de 15 años: Propuesto por el MOPT, que requiere de una modificación de la Ley 3503. Recientemente se presentó un proyecto de ley que establece un artículo 21 bis, el cual plantea ampliar el plazo de la concesión, sólo a los operadores que se comprometan a sustituir un 40% de su flota actual por autobuses eléctricos.

Recaudo centralizado

Como se analizó en los riesgos de ingreso y costo de financiamiento, el recaudo centralizado es esencial en términos de disminuir el riesgo y, por ende, genera un efecto positivo en las tasas de interés. Adicionalmente permite viabilizar el ingreso de nuevos actores, tanto a nivel de riesgos de no pago, en caso de que el pago electrónico se acompaña de la figura de cesión de derechos.

Por otro lado, el manejo de efectivo haría más compleja la operación para el caso en donde la infraestructura de carga no esté presente en los planteles o depósitos de cada empresa.

5.3.3 Infraestructura de carga provista por un actor distinto al operador

El capítulo VII de la Ley 9518 define lo relacionado con los centros de recarga pública. Dicho capítulo brinda un mandato claro para la implementación de los centros de recarga (en el artículo 31) para vehículos eléctricos livianos. No así, para el caso de la infraestructura de carga para vehículos eléctricos pesados, incluyendo autobuses eléctricos de ruta regular.

De acuerdo con el artículo 31 de la Ley 9518, las distribuidoras eléctricas tienen el mandato de la construcción y puesta en funcionamiento de los centros de recarga en el país. Mientras que MINAE tendrá la obligación de velar por la construcción y el funcionamiento de los centros de recarga. El Plan Nacional de Transporte Eléctrico de MINAE establece en la acción 3.1.2.2 “Definir y establecer alianzas con operadores de autobuses para la construcción de la infraestructura de recarga” y asigna como responsables a las empresas distribuidoras de electricidad y a los concesionarios. Sin embargo, no hay mayor claridad sobre quién debe asumir los costos de inversión y mantenimiento

Con base en la información actual, en relación con la infraestructura de carga para buses eléctricos, no se puede ser concluyente si las inversiones serán asumidas por el Estado y en particular por las empresas distribuidoras de electricidad y es necesario que se desarrolle un modelo de negocio enfocado en proveer dicha infraestructura de modo tal que no se convierta en una barrera de entrada.

5.3.4 Actualización de los modelos tarifarios

Dado que el sistema de transporte público modalidad autobús opera bajo el principio de servicio al costo, se deben incorporar todos los costos relacionados a los autobuses eléctricos en los modelos ordinario y extraordinario. Para esto es fundamental los resultados del plan piloto, el cual permitirá desarrollar los costos asociados a los buses eléctricos y los coeficientes de consumo.

Por el momento, de lo que sí se tiene certeza es la tarifa promocional para la recarga de buses eléctricos (conocida como tarifa T-BE), definida por ARESEP mediante la resolución RE-0112-IE-2020 del 5 de noviembre de 2020, donde se establece un único precio de 57.08 colores por KWh[52].

Es necesario reformular la manera en cómo se regula en transporte público modalidad autobús, de modo tal que el sistema sea menos riesgoso y cuente con una mayor certeza jurídica. Esto permitirá que el o los modelos de negocio que se vayan a crear para la incorporación y escalamiento de autobuses eléctricos sean exitosos y permitan el cumplimiento de las metas establecidas en el Plan de Descarbonización.

[52] https://aresep.go.cr/noticias/3125-aresep-fija-tarifa-promocional-de-recarga-en-buses-electricos

6 Taller de presentación y discusión sobre conclusiones del estudio.

En este capítulo se resumen las características principales de la presentación y el taller realizados mediante reunión virtual el 16 de junio de 2021 entre los consultores y representantes del Gobierno de Costa Rica, bancos, fabricantes y operadores de buses, empresas de energía, organismos internacionales y organizaciones civiles. Dicha reunión tuvo como objetivo realizar una presentación y discusión de las conclusiones preliminares del presente estudio ante partes interesadas en la electrificación del sistema de buses del AMSJ. Durante el taller surgieron observaciones que resultaron un aporte relevante para el estudio, tal como se señala a continuación.

6.1 Planificación del taller

El taller fue organizado por PNUMA, con los siguientes objetivos:

- Presentar las principales conclusiones del estudio, en particular las condiciones financieras y legales necesarias para la incorporación de buses eléctricos en el Área Metropolitana de San José.
- Discutir con los participantes sobre las conclusiones preliminares del estudio y sus implicancias para el transporte público del AMSJ.

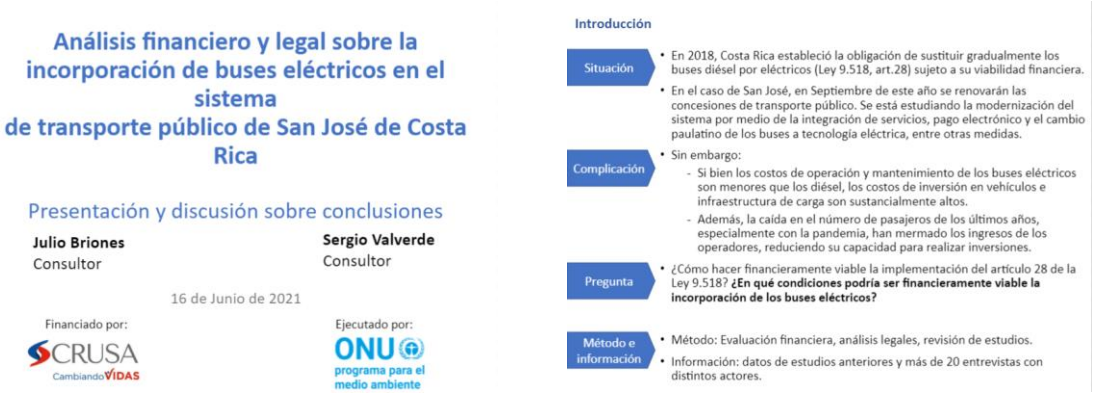
Se enviaron invitaciones a 32 personas con las que se ha tenido contacto para la realización del presente informe, que representan a distintos grupos de actores relevantes para el estudio de modelos de negocios relacionados con la implementación de buses eléctricos en el AMSJ: autoridades de transporte, empresas operadoras de buses, empresas de energía, bancos, fabricantes de buses, organismos internacionales y organizaciones civiles. Estas invitaciones fueron enviadas por PNUMA en la última semana de mayo.

6.2 Desarrollo del taller

Originalmente planificado para el 11 de junio de 2021, finalmente el taller se realizó el 16 de junio con la participación de 22 asistentes (ver la minuta del taller en el Anexo 4).

A continuación, se muestran algunas láminas de la presentación.

Figura 14: Capturas de pantalla de la presentación



Fuente: Elaboración propia

Puede observarse en la figura anterior, que las conclusiones presentadas en el taller son similares a las desarrolladas en capítulos anteriores (específicamente, en el punto 4.1), más allá de algunos ajustes en las condiciones de financiamiento que modificaron ligeramente las estimaciones del TCO.

6.3 Discusión y retroalimentación

Los aportes que resultaron de la discusión pueden dividirse en dos grandes grupos: observaciones generales y respuestas a las preguntas planteadas.

En relación con las **estimaciones de costos**, representantes de los fabricantes sostuvieron que la autonomía de los buses eléctricos puede ser mayor a la estimada, mientras que los costos de mantenimiento pueden ser más bajos. El análisis de Monte Carlo realizado con posterioridad a la reunión incorporó la variabilidad en el mantenimiento de los buses eléctricos y diésel (ver sección 4.3). Asimismo, representantes de la industria y de organismos internacionales coincidieron en buscar economías de escala para reducir costos, en particular para la compra de buses eléctricos. En la práctica, las estimaciones de precio referidas por los fabricantes corresponden a rangos según el largo de bus, pero carecen de precisión como para poder establecer precios diferenciales por cantidad.

Según representantes de la industria y de organismos internacionales, los **costos de los buses eléctricos y baterías deberían bajar** en el futuro. Aunque los datos no son suficientes para establecer en qué medida disminuirán estos costos. El escenario con una reducción de 30% que se plantea en el Capítulo 4 debería cubrir esta evolución en el mediano plazo. Para otros factores como

el precio del combustible y la electricidad es difícil brindar estimaciones sobre su evolución futura, por lo que se asumieron constantes para los cálculos de TCO.

En cuanto a los subsidios, representantes de organismos internacionales plantearon la necesidad de conversarlos en forma más abierta. Aunque el marco legal actual en Costa Rica no contempla la posibilidad de subsidiar el transporte público en forma directa, podrían contemplarse fuentes adicionales de ingresos relacionados con la comercialización de la energía y espacios de infraestructura, entre otros.

Una persona representante del gobierno mencionó que existe una **competencia desleal** a favor de los buses diésel, dado que no cuentan con el mismo estándar de emisiones que los buses eléctricos. Contar con una normativa más exigente para los buses convencionales podría hacer más viable la electrificación, aunque debería ser compensada con otros mecanismos (como subsidios) para mantener el atractivo para los operadores sin perjudicar las tarifas para las personas usuarias de transporte público.

Un representante de los fabricantes de buses eléctricos señaló que la transición hacia buses eléctricos debe evaluarse más allá del simple cambio de unidades, considerando también los beneficios más amplios sobre la economía, tal como mayor producción y comercialización nacional de electricidad, creación de nuevas capacidades de mantenimiento y de otros servicios asociados. Representantes de organismos internacionales también señalaron la oportunidad para estudiar los beneficios económicos adicionales que genera la electrificación.

Los asistentes coincidieron en la importancia de **modificar los modelos de negocio**, de modo tal que contemplen:

- plazos de concesión más largos,
- sistema de recaudo centralizado, con pago a operadores según pasajeros transportados y/o kilómetros recorridos,
- mayor regulación para garantizar la prestación del servicio independientemente de las condiciones de los operadores,
- diversificación del riesgo de demanda para disminuir la carga sobre los operadores,
- coordinación del uso de la infraestructura de carga y revisión legal del Sistema Eléctrico Nacional,
- mayor detalle sobre las tipologías de buses permitidas, y separación de la compra de los buses de las empresas operadoras.

Otra pregunta planteada fue acerca de si son suficientes las condiciones legales y financieras planteadas en la presentación para incorporar buses eléctricos, o si se requieren otras más. Al respecto, representantes de los operadores, organismos internacionales y empresas de energía coincidieron en que las condiciones son adecuadas, aunque también es necesario compartir conocimiento de esta tecnología novedosa entre las partes interesadas para mejorar las estimaciones de costos. Una participante sugirió la posibilidad de tener una organización dedicada no sólo a compartir conocimiento, sino también a la financiación de proyectos.

6.4 Conclusión

La presentación de los resultados del estudio y la retroalimentación de las distintas partes interesadas puso de manifiesto en que, más allá de algunas observaciones particulares, existe un consenso básico en tres aspectos fundamentales: i) la importancia de avanzar en la electrificación de los buses urbanos del AMSJ, ii) el desafío planteado por la comparación de costos totales que en principio favorece la continuidad de la operación con buses diésel, y iii) la necesidad de implementar modificaciones al esquema de concesiones de buses urbanos para favorecer la implementación de los buses eléctricos.

En el próximo capítulo se propone un modelo de negocio para el AMSJ que tiene en cuenta el análisis de la situación actual, las estimaciones de costos y las consideraciones de los actores relevantes.

7 ¿Cómo viabilizar la implementación del artículo 28 de la Ley 9518 en el caso del AMSJ?

La ruta hacia la electrificación del transporte público nace a partir del Plan de Descarbonización 2018-2050, donde se establecen las metas de contar con 30% de autobuses eléctricos en la flota nacional para el 2035 y un 85% para el 2050. Además, la Ley 9518 de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico, dentro de su artículo 28, establece la obligación de sustituir el 5% de la flota de autobuses de combustión interna por eléctricos cada dos años. La Ley 9518 también determina que el Plan Nacional de Transporte Eléctrico debe establecer un programa de sustitución y ser aprobado por el MOPT, tomando en cuenta su *viabilidad financiera* y las condiciones de la ruta.

Por medio de las entrevistas efectuadas a los entes gubernamentales e información de carácter público se pudo identificar los siguientes tres requisitos fundamentales para viabilizar la incorporación de autobuses eléctricos.

Cuadro 32: Factores para fortalecer la viabilidad del artículo 28 de la Ley 9518

Factores	Justificación
Propiciar la equidad social de las tarifas	La electrificación no puede significar una limitante de acceso de las personas usuarias al sistema de transporte público en función al artículo 31 de la Ley 7593. En otras palabras, para las y los usuarios también debe ser financieramente viable. Ante esto, cualquier modelo de negocios que se plantee debe considerar el régimen tarifario, de modo tal que los incrementos en la tarifa no se conviertan en una barrera de entrada.
Garantizar el equilibrio financiero	El cambio hacia autobuses eléctricos no puede ir en contra del principio de equilibrio financiero, definido como el derecho del operador de amortizar sus inversiones y obtener una retribución justa dentro del contrato de concesión. Para este caso se definieron las tres condiciones financieras[53] que se deben cumplir para lograr que la incorporación de autobuses eléctricos sea viable, así como la necesidad de efectuar modificaciones de carácter estructural para implementar subsidios y mayores coberturas de riesgo
No disminuir la calidad del servicio	La implementación de autobuses eléctricos, idealmente, debería buscar aumentar la calidad del servicio. Por lo que se debe considerar que las tipologías a utilizar no vayan en contra de la experiencia de las y los usuarios y que el servicio post venta sea eficiente de modo tal que no afecte los esquemas operativos en casos de desperfectos mecánicos prolongados.

Fuente: Elaboración propia

[53] En el capítulo 4 de este estudio se determinó que el *equilibrio financiero* de la incorporación de autobuses eléctricos requiere del cumplimiento de tres condiciones: costos de autobuses más bajos (30% menores), tasas de financiamiento más competitivas (2%-3%) a un plazo de 15 años e infraestructura de carga provista por un actor distinto al operador.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se establecen las acciones recomendadas para cumplir con las condiciones que permiten viabilizar la incorporación de autobuses eléctricos. Se plantean las siguientes acciones:

1. Consolidar las políticas de modernización, diseñar un plan de sustitución y desarrollo de infraestructura de carga
2. Disminuir el nivel de riesgo de ingreso y costo de financiamiento del sistema
3. Desarrollar un modelo de negocios
4. Definir una estrategia para evitar aumentos tarifarios

7.1 Consolidar las políticas de modernización, diseñar un plan de sustitución y desarrollo de infraestructura de carga

Políticas de modernización

El primer paso que se debe dar para mejorar el nivel de riesgo del sistema es la consolidación de las políticas de modernización (SITGAM), las cuales darán respuesta a incertezas que actualmente impiden desarrollar una estrategia hacia la electrificación. Estas políticas son:

- El recaudo centralizado: la adopción de esta medida va a disminuir el riesgo de ingreso, permitiendo mejores condiciones de financiamiento, así como facilitará la participación de nuevos actores. Su no implementación, a criterio de este estudio, representaría una barrera de entrada para la electrificación.

- El plazo de concesión: el financiamiento de estos autobuses debe ser a 15 años. De no ampliarse el plazo, se deberá optar por la figura de la separación vertical que permita separar los activos de la operación.

- La sectorización: determinar los parámetros de la sectorización brindará información crucial sobre los nuevos esquemas operativos para diseñar un plan de sustitución de acuerdo con la cantidad de flota requerida y sus distintas tipologías. Así mismo, hará el sistema más eficiente y atractivo para las personas usuarias, mejorando el nivel de riesgo de ingreso.

- La modificación de los modelos tarifarios: incorporar las variables de costos de los autobuses eléctricos en los modelos ordinario y extraordinario, es fundamental para dar correcto cumplimiento del principio de servicio al costo.

Plan de sustitución

Para el adecuado diseño del plan de sustitución se deben tomar en cuenta las inversiones a efectuar según las condiciones previstas del nuevo sistema tronco alimentado y luego definir la metodología de sustitución.

- **Definir el plan de inversión**

Se debe definir la inversión necesaria para cumplir con las metas al 2035 y 2050, tomando en cuenta que los precios de los autobuses eléctricos en los próximos 10 a 15 años tenderían a reducirse sustancialmente[54] (Deloitte. 2019). Por ende, se propone diseñar dos estrategias: cumplir las metas al 2035 con una mayor intervención estatal y las metas del 2050 con mayor intervención del mercado.

- **Definir la metodología de sustitución**

[54] World Bank (2019) Desarrollo de una metodología de costos y tarifa para la adopción de servicios de autobús eléctrico en Costa Rica. Informe final. Deloitte

Se recomienda iniciar bajo el método de sustitución por vida máxima para definir la metodología de sustitución, el cual permite hacer una migración más ordenada y sin incumplir con lo establecido por el artículo 28. Adicionalmente, este método permitiría cumplir con las metas definidas por el Plan de Descarbonización al 2035, iniciando a partir del 2029 o 2030-, dando así, un mayor espacio a que las políticas de modernización se consoliden.

Lo anterior es consistente con las etapas de implementación del Plan de Descarbonización, las cuales establecen:

- ***Etapa de inflexión (2023 – 2030):*** *Se determinarán minuciosamente las interdependencias entre distintos sectores. Con este conocimiento y aceptación, se realizarán las intervenciones decisivas que redirigirán los mercados hacia cero emisiones. Se reconoce que esta evolución requiere secuencias de acciones y múltiples ajustes. Además, se implementarán cambios institucionales de fondo para reducir barreras al cambio.*

- ***Etapa de normalización del cambio o despliegue masivo (2031 – 2050):*** *el detalle que se tiene ahora es necesariamente más limitado. No sabemos cómo será el mundo en el futuro. Sin embargo, sí sabemos que durante ese periodo se llegará a la implementación de acciones más fáciles de ejecutar conforme proceda la sustitución de los activos viejos, por ejemplo, equipos e instalaciones que concluyen su vida útil, con nuevos que serán ya de tecnologías descarbonizadas (el éxito de esta etapa no será posible sin haber logrado profundos.*

Para la implementación de este plan, se recomienda evaluar la opción de iniciar con la sustitución de autobuses destinados para las rutas no troncales, por medio de autobuses con dimensiones menores a 12 metros, tomando en cuenta lo siguiente:

1. En la sección 4.2 Consultas a fabricantes e instituciones financieras, se efectuaron cotizaciones de autobuses eléctricos de 10 y 12 metros, donde los precios de los autobuses de 10 metros oscilaban entre los 220-260 mil USD y los de 12 metros entre los 300-400 mil USD.

2. Según las entrevistas realizadas con los fabricantes los autobuses de 10 metros pueden contar con una capacidad de hasta 80 pasajeros entre sentados y de pie, con la limitante de contar con una capacidad de asientos menor a la estipulada por ley - 44 asientos-.

3. La Junta Directiva del CTP, en la sesión ordinaria No. 34-2021 del 6 de mayo del 2021, aprobó el el documento técnico “Definición de tipologías de autobuses para el transporte público en Costa Rica”, el cual establece que las rutas no troncales pueden ser operadas por autobuses convencionales, microbuses y busetas, los cuales deben tener las siguientes capacidades y dimensiones:
    - Autobuses convencionales: deben contar con una capacidad entre 45-80 personas sentadas y de pie, y una longitud en 9-13 metros
    - Busetas: deben contar con una capacidad entre 26-44 personas sentadas y de pie y una longitud entre 7.5 y 9 metros y una microbús
    - Microbuses: deben contar con una capacidad entre 9-25 personas sentadas y de pie y una longitud entre 7.5 y 9 metros y una microbús

4. La Ley No. 9078, Ley de Tránsito, establece que los autobuses deberán contar con una capacidad mínima de 44 pasajeros sentados, sin embargo, podrán tener una capacidad de pasajeros sentados menor a la indicada, cuando hayan sido diseñados especialmente para el transporte cómodo y seguro de altas densidades de pasajeros de pie, de forma tal que por su ajuste a las políticas de transporte público y energéticas imperantes en ruta regular sean

calificados como tales mediante reglamento dictado por el Poder Ejecutivo[55]. Así mismo, esta misma Ley determina que las busetas y microbuses no pueden transportar personas de pie[56].

5. En la sección 4.3 Análisis de sensibilidad, una de las tres condiciones claves para que la incorporación de autobuses eléctricos sea financieramente viable, es la disminución del costo de adquisición en al menos un 30%, por lo que esta alternativa permitiría cumplir con dicha condición. Al disminuir el costo de inversión no se requerirían necesariamente de subsidios al CAPEX, siempre y cuando, las otras dos condiciones -tasas de interés más bajas, e infraestructura de carga provista por otro actor distinto al operador- se mantengan.

6. Para lograr incorporar este tipo de autobuses se deben efectuar modificaciones al marco normativo, de modo tal, que sean permitidos autobuses convencionales con una menor cantidad de asientos.

Desarrollo de la infraestructura de carga sin costo para el operador

La falta de información actual resulta una limitante para desarrollar una estrategia al respecto. La utilización de los planteles de los operadores debe analizarse, tomando en cuenta si los mismos son de su propiedad o arrendados. Dada la crisis económica generada por la pandemia COVID-19, se debe analizar el nivel de endeudamiento que existe sobre dichas propiedades.

Por esta razón, se recomienda ampliar el espectro de alianzas estratégicas no solo entre las empresas distribuidoras de electricidad y los operadores, sino también con las municipalidades. Así, se podrían disponer de terrenos de propiedad pública a nivel sectorial para desarrollar dicha infraestructura, donde las distribuidoras desarrollen la infraestructura de carga, y los operadores pongan a disposición el personal de mantenimiento, y la logística de mantenimiento preventivo y correctivo en sus planteles propios. Así mismo, se recomienda evaluar la posibilidad de incluir infraestructura de carga en los nodos de integración que por sus características cuenten con estacionamiento de autobuses.

7.2 Disminuir el nivel de riesgo de ingreso y costo de financiamiento del sistema

Como se ha venido de riesgos existentes en el sistema, y ii) Diversificar los recursos no reembolsables.

Robustecer las coberturas de riesgos existentes en el sistema

- Desarrollar una política de fórmulas de pago basada en costos: permite que el riesgo de ingreso se reduzca en la medida en que una parte del pago no dependa del número de pasajeros transportados, sino también de una variable que esté bajo el dominio del operador como son, usualmente, los kilómetros recorridos. Esto puede ser una herramienta útil para la creación de fideicomisos, garantías mobiliarias y, en términos generales, mejorar el nivel de riesgo del operador.

- Brindar garantías soberanas por parte del Estado: esto aumentaría la posibilidad de acceder a créditos con condiciones blandas. Cuenta con la limitante de que empresas de capital privado no son sujetas a esta garantía, por lo que se requiere de la intervención estatal, así como de la aprobación de la Asamblea Legislativa.

[55] Artículo 2, Ley 9078

[56] Artículo 44, Ley 9078

- Incorporar el sistema el recaudo centralizado con la figura de la cesión de derechos: permite mejorar la perspectiva de pago de los operadores, principalmente porque la función de recaudación está separada verticalmente del operador de transporte, el cual, por medio de los contratos de cesión de derechos, transfiere los montos correspondientes al financiamiento o arrendamiento a quien correspondan de manera directa.

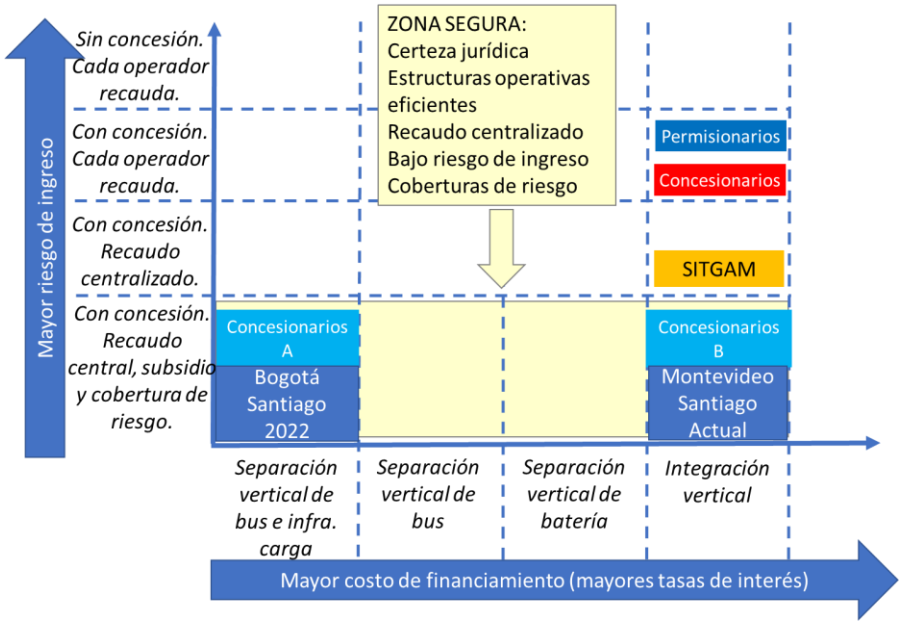
- Incorporar al sistema la figura de los bienes afectos a la concesión: permite garantizar que el autobús va a estar presente en los esquemas operativos independientemente del operador. Requiere de una ley especial para ser creada.

Diversificar los recursos no reembolsables:

- Implementación de subsidios al OPEX y al CAPEX: sobre este tema se puede tomar como ejemplo el caso de Montevideo, Uruguay[57], donde los subsidios a combustibles se han transformado para financiar el diferencial de precios entre los autobuses diésel y eléctricos, al reconocer el consumo total que tendría el autobús durante su vida útil y utilizarlo para contribuir con el diferencial de precios. Medidas como éstas permitirían disminuir el monto a financiar.

Una vez consolidadas las políticas de modernización y desarrollados diferentes mecanismos de reducción del costo de ingreso y de financiamiento, el sistema de autobuses del AMSJ tendrá una mayor probabilidad de ubicarse en la Zona Segura (ver figura 15, también referenciado en el capítulo 5), al igual que lo han hecho ciudades como Santiago, Bogotá o Montevideo, y por ende estar preparado para desarrollar un modelo de negocios de incorporación de autobuses eléctricos de una manera escalable, tal como lo hicieron las ciudades anteriormente mencionadas.

Figura 15: Identificación de la zona segura



Fuente: Elaboración propia

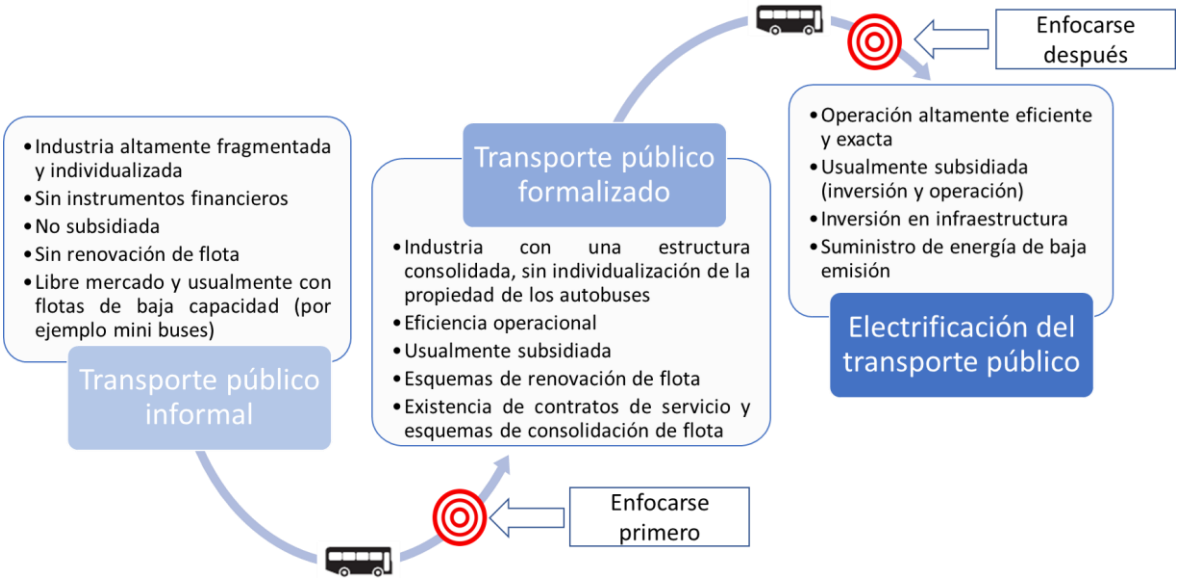
Ahora bien, crear subsidios no es sencillo y más aún tomando en cuenta la situación macroeconómica del país, por lo que también se debe evaluar el modelo de negocios actual en función al el grado de separación vertical y analizar la creación de la figura del suministrador de activos, con actores que cuenten con un menor nivel de riesgo que los operadores, como es el caso

[57] Actualización de la calificación de riesgo de títulos de deuda a ser emitidos por el fideicomiso financiero denominado "Fondo de Financiamiento del Transporte Colectivo Urbano de Montevideo V", Marzo 2021

de Bogotá, donde la empresa de energía ENEL se ha convertido en un suministrador de flota e infraestructura de carga.

Sobre esta misma línea, el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (EBRD) con el apoyo de la Asociación Internacional de Transporte Público (UITP) y la Agencia Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ), desarrollaron un estudio para facilitar la creación de políticas públicas para la adecuada incorporación de autobuses eléctricos (2021). Establecen que para la incorporación de esta tecnología, los sistemas de transporte público pueden requerir de reformas referentes a su gobernanza o regulación, los mecanismos de fondeo y los contratos operacionales, con el fin de garantizar una estructura estable y sujeta a inversión. Plantean el marco conceptual para países en vías de desarrollo que se presenta en la siguiente figura[58] .

Figura 16: Movilizándose de una estructura informal a una formal



Fuente: Going electric. A pathway to zero-emission buses, The European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), 2021.

7.3 Desarrollo de un modelo de negocio

Una vez que se tenga mayor certeza sobre las políticas mencionadas en el punto anterior, se podrá diseñar el modelo de negocios más adecuado para el AMSJ, el cual tomará dos vías: i) continuar con el modelo de integración vertical con una política robusta de subsidios u ii) optar por un nuevo modelo de separación vertical en caso de que se requiere disminuir aún más el nivel de riesgo del sistema.

Este estudio considera que el modelo de negocio que mayor certeza jurídica le daría a la incorporación de autobuses eléctricos es el de la separación vertical con un ente estatal como suministrador de flota, bajo un esquema de arrendamiento de los autobuses eléctricos a los operadores
Esta figura tiene como principal fortaleza la posibilidad de obtener garantías soberanas, por lo que la misma permite ampliar las coberturas de riesgos y reducir los costos de financiamiento. Adicionalmente, se considera que tiene una mayor viabilidad política de crear un programa de subsidios al CAPEX.

[58] Going electric: A pathway to zero-emission buses, The European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), 2021.

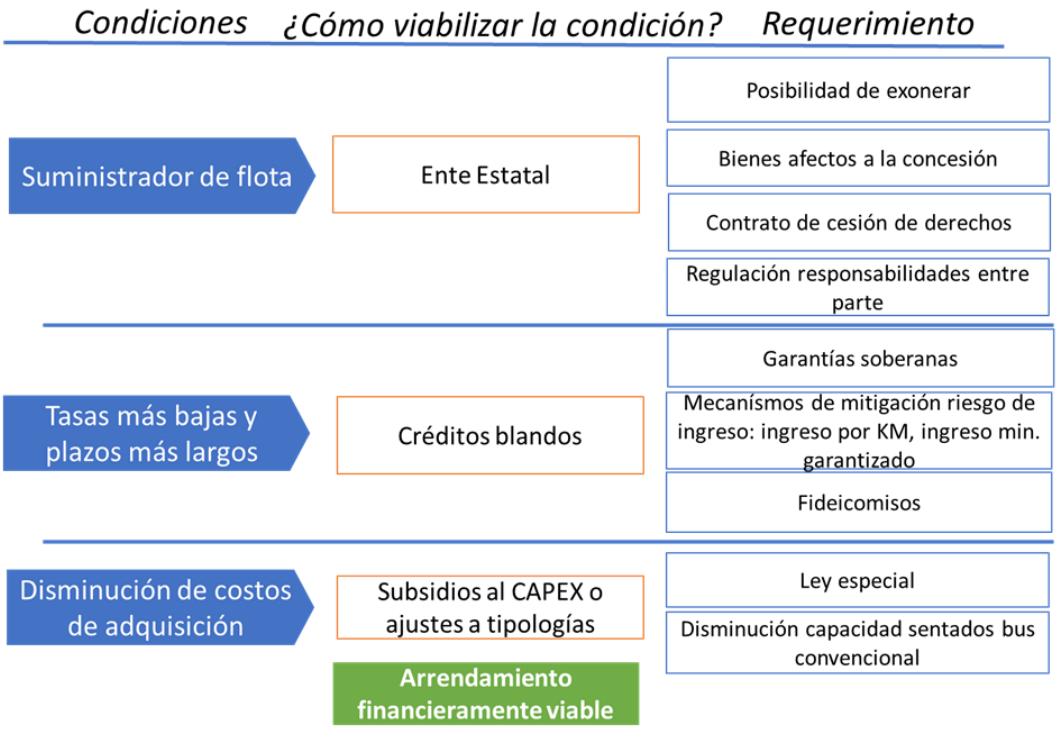
Su debilidad gira en torno a la complejidad de implementación debido a las modificaciones al marco normativo y la necesidad de determinar la institución pública que pueda ser la suministradora de activos, o bien, si se debería crear un ente estatal nuevo.

El objetivo principal de la separación vertical con ente estatal es brindarle al sistema la posibilidad de captar recursos reembolsable más competitivos, de modo tal que se pueda traducir en arrendamientos de autobuses financieramente viables, lo que permitiría asegurar el equilibrio financiero del sistema.

Adicionalmente, se recomienda que este modelo de negocios sea diseñado para cumplir las metas al 2035. Esto quiere decir que sea el modelo de negocios utilizado para la incorporación de autobuses eléctricos para el siguiente plazo de concesión en caso de que sea ampliado a 15 años. Para las metas al 2050, se debería evaluar el costo de los autobuses, de manera tal, que exista la posibilidad de migrar de nuevo al modelo actual de integración o mantenerse con la separación vertical.

En la siguiente figura se puede visualizar el modelo de negocios, y cómo logra viabilizar las condiciones establecidas en el análisis financiero.

Figura 17: Modelo de negocios para el AMSJ: Separación vertical de autobús con ente estatal como suministrador de flota como modelo con mayor robustez



Fuente: Elaboración propia

Para implementar este modelo se recomienda que se sigan los siguientes pasos:

Paso 1: Selección de un ente estatal existente o la creación de uno

Se recomienda analizar las empresas estatales que tienen relación con el giro de negocios, ya sea electricidad o transporte. Dadas esas condiciones, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER), podrían ser los principales candidatos. Luego de efectuar esta selección se debe analizar la capacidad financiera y de gestión de las instituciones,

tomando en cuenta que solamente en el AMSJ, para el 2035 se requieren 565 autobuses y 1,600 para el 2050[59], según los datos actuales, los cuales pueden variar conforme a la sectorización.

Adicionalmente, junto con los departamentos legales de cada institución, se debe analizar si la ley de cada una de ellas los faculta para estos fines o se requieren modificaciones, esto de previo a crear la exigencia vía ley.

Si se considera que las instituciones existentes no están en capacidad de convertirse en suministradores de activos, se recomienda crear una institución especializada para realizar esta actividad.

Paso 2: Brindarle certeza jurídica al suministrador de flota

Se recomienda considerar las siguientes medidas:

1. **Asegurar que los autobuses adquiridos logren ser inscritos en las flotas autorizadas**

Se debe tomar en cuenta que es potestad del operador solicitar dicha inscripción de un autobús al CTP. Se considera que una vez que el MOPT tenga la seguridad que este modelo de negocios es escalable, podrá de manera técnica y legal determinar la viabilidad financiera para implementar el plan de sustitución.

Con esto, el operador tendrá la opción del arrendamiento al suministrador de flota o buscar las opciones que le ofrece el mercado, una vez los autobuses diésel vayan cumpliendo su vida máxima.

2. **Posibilidad de optar por las exoneraciones**

Se debe modificar el artículo 11 de la Ley 7293, de modo tal que se puedan exonerar todos los autobuses que sean inscritos en las flotas autorizadas de un concesionario o permisionario independientemente si son propiedad de estos.

3. **Asegurar que los autobuses permanezcan en las flotas autorizadas, independientemente del operador que ostente la concesión**

Para esto se debe implementar por ley la figura de los bienes afectos a la concesión, de modo tal que los autobuses afectados no puedan ser excluidos de la flota autorizada, por lo que el próximo operador deberá asumir dichos autobuses.

Para implementar la figura de bienes afectos a la concesión, se considera que la misma debe ser creada por medio de una nueva ley o bien una modificación a la Ley 3503 con su respectiva reglamentación

4. **Asegurar que el pago mensual por concepto del arrendamiento**

Esto se realizaría por medio del recaudo centralizado, adicionando la obligación de suscribir contratos de cesión de derechos tarifarios sobre el monto acordado en los mismos, lo que permitirá que el pago se haga de manera directa sin que exista intermediación por parte del operador.

5. **Asegurar el adecuado mantenimiento de las unidades**

Se debe establecer en los contratos de arrendamiento la figura del peritaje y la periodicidad con la que supervisará el estado de los vehículos. Esta figura es utilizada incluso para los casos de créditos con garantías prendarias.

[59] Estos datos pueden variar con la sectorización o modificaciones a los esquemas operativos actuales

Adicionalmente, efectuar convenios con el órgano de revisión vehicular –en este momento Riteve-, para que le envíe reportes al suministrador sobre el estado del autobús. Hay que tomar en consideración que los autobuses deben ir de manera semestral a la revisión técnica vehicular.

Una vez consolidadas las políticas de modernización, se haya implementado el modelo propuesto (figura 16) u otro que permita el acceso a financiamiento blandos y subsidios al CAPEX y que el MOPT pueda determinar la posibilidad de que sea escalable, podrá determinar que técnica y legalmente se cumplen las condiciones para implementar los planes de sustitución según lo determine en el contrato de concesión o la ley vigente. A esto hay que adicionarle, que se debe asegurar que se cuente con la adecuada red de carga.

7.4 Definición de la estrategia para evitar aumentos tarifarios

Como se mencionó en la sección de riesgos, no es viable que la incorporación de autobuses eléctricos conlleve aumentos tarifarios.

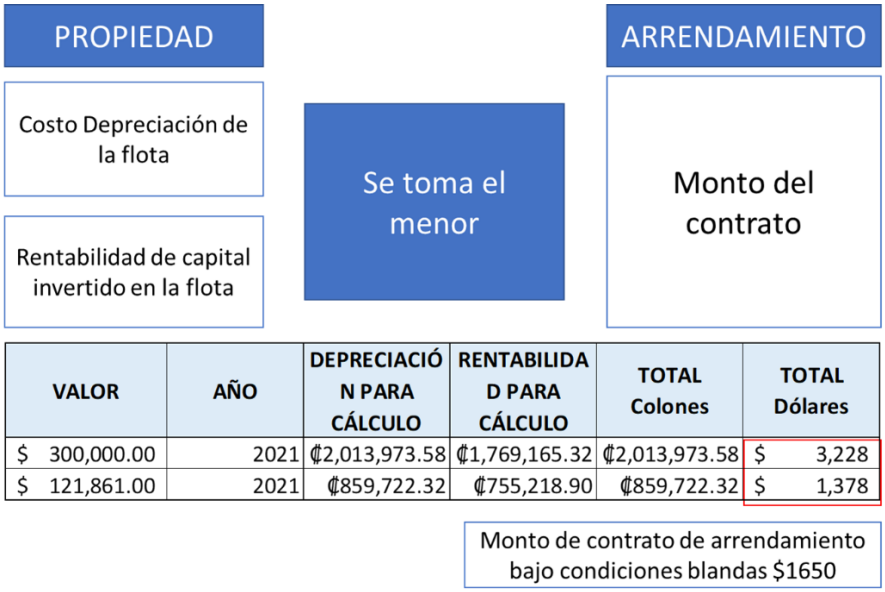
Para este punto es clave evitar el efecto que el VTAF tiene sobre las variables de costo del modelo tarifario, de modo tal que el aumento en el valor de los autobuses no genere un incremento excesivo en las mismas. Se considera que la manera más eficiente de controlar este efecto gira en torno a implementar contratos de arrendamiento, lo cual va en línea con el modelo de negocios propuesto.

El modelo tarifario tiene dentro de sus componentes de costos las variables denominadas como costo de depreciación de la flota y costo de rentabilidad invertido en la flota, las cuales aumentan conforme el valor del autobús sea mayor.

El modelo tarifario en su artículo 4.12.2, datos de variables de inversión, establece lo siguiente: “[…] Se reconocerá como gasto máximo por arrendamiento o concepto equivalente, asociado con cualquiera de las figuras jurídicas previstas, el monto del contrato de arrendamiento de cada unidad según su edad, siempre y cuando este monto no exceda el importe de la depreciación más la rentabilidad que conllevaría la misma en el caso de que no estuviera arrendada (es decir, en caso de que fuera propia). En caso contrario, cuando el valor del arriendo supera al de la depreciación y rentabilidad, no se reconocerá dicho gasto de arrendamiento, sino sólo el respectivo de depreciación y de rentabilidad[…]”

Dicho artículo establece que se reconocerá el menor costo entre lo establecido en el contrato de arrendamiento y la sumatoria del costo de rentabilidad y depreciación. La clave, como se puede observar en la figura 14, es que los costos de arrendamiento sean similares al costo reconocido por estas dos variables para los autobuses actuales, lo implicaría un leve aumento que se mitigaría por la disminución del OPEX.

Figura 18: Estrategias de mitigación del impacto del VTF en la rentabilidad reconocida



VALOR	AÑO	DEPRECIACIÓN PARA CÁLCULO	RENTABILIDAD PARA CÁLCULO	TOTAL Colones	TOTAL Dólares
$ 300,000.00	2021	₡2,013,973.58	₡1,769,165.32	₡2,013,973.58	$ 3,228
$ 121,861.00	2021	₡859,722.32	₡755,218.90	₡859,722.32	$ 1,378

Fuente: elaboración propia a partir de la metodología ordinaria para el cálculo de tarifas

8 Conclusiones y recomendaciones

Debe destacarse que, para que la inversión en buses eléctricos resulte atractiva desde el punto de vista económico para los operadores, las condiciones de compra y financiamiento deberían ser más favorables de lo estimado inicialmente, sobre la base de la información disponible.

Para alcanzar con buses eléctricos un costo total de propiedad (o TCO, por sus siglas en inglés) igual o inferior al de los buses diésel en las condiciones actuales, es necesario obtener garantías soberanas para reducir las tasas de interés; lo que necesita de cambios sustantivos a los contratos de concesión actuales en el Área Metropolitana de San José, Costa Rica (AMSJ). Además, se debería considerar establecer subsidios para la compra de los buses y la infraestructura de carga. El otorgamiento de dichos subsidios por parte del Estado podría justificarse mediante beneficios externos, tal como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación del aire y acústica local, lo que requiere de estudios particulares.

Cabe destacar que a futuro, las condiciones podrían ser más favorables para la incorporación de los buses eléctricos. Es de esperar que, a medida que aumenta la participación de estos buses en ciudades de distintos países, se produzca mayor competencia entre los fabricantes, lo que podría reducir el precio de los buses y además incentivar la innovación, permitiendo aumentar tanto el rendimiento como la vida útil de las baterías.

La presentación de los resultados del estudio y la retroalimentación de las distintas partes interesadas puso de manifiesto que, más allá de algunas observaciones particulares, existe un consenso básico en tres aspectos fundamentales: i) la importancia de avanzar en la electrificación de los buses urbanos del AMSJ, ii) el desafío planteado por la comparación de costos totales de propiedad que en principio es más baja para las flotas de buses diésel y iii) la necesidad de implementar modificaciones al esquema de concesiones de buses urbanos para favorecer la implementación de los buses eléctricos. Lo anterior muestra la necesidad de implementar modificaciones al esquema de concesiones de buses urbanos para favorecer la implementación de los buses eléctricos.

Este estudio concluye que el principal reto que enfrenta la incorporación de autobuses eléctricos en el AMSJ es la brecha existente entre el nivel de inversión requerido y la habilidad del sistema para conseguir créditos blandos y disminuir el monto final a financiar. La carencia actual de una política pública que mitigue la dependencia del sector a las condiciones del mercado dificulta el diseño de un plan de sustitución de autobuses que sea financieramente viable.

A continuación, se detallan las principales recomendaciones y acciones sugeridas para cerrar esta brecha.

Cuadro 33: Principales recomendaciones de este estudio

Recomendación	Acciones sugeridas
Consolidar las políticas de modernización	● Desarrollar un cronograma de inversiones en autobuses en función al nuevo sistema tronco-alimentado, el cual defina la cantidad de autobuses y las tipologías a utilizar en cada tipo de ruta ● Implementar el recaudo centralizado para todo el AMSJ ● De no ser aprobado el aumento en el plazo de concesión a 15 años por parte de la Asamblea Legislativa, diseñar un modelo de negocios basado en la separación vertical
Impulsar una estrategia de infraestructura de carga provista sin costo para el operador	● Desarrollar una alianza estratégica entre municipalidades, empresas distribuidoras de electricidad y operadores, que permita la construcción y gestión de la infraestructura de carga en terrenos públicos. ● Evaluar la posibilidad de incluir infraestructura de carga en los nodos de integración que por sus características cuenten con espacios de estacionamiento de autobuses
Elegir un modelo de negocio que disminuya los riesgos de ingreso y costos de financiamiento	● Crear el marco normativo que permita robustecer la cobertura de riesgos por medio de fórmulas de pago basadas en costos, recaudo centralizado, bienes afectos a la concesión y, posiblemente, garantías soberanas; ii) diversificar los recursos no reembolsables por medio de la inclusión de subsidios y aportes estatales para el desarrollo de la infraestructura de carga. ● Incorporar nuevos actores encargados de suministrar activos clave para el sistema, que cuenten con un menor nivel de riesgo en comparación con el operador tradicional. En particular, la experiencia internacional analizada demuestra que, contar con la intervención estatal de forma activa en la consecución de recursos, tiene el potencial de aumentar la cobertura de riesgos y por ende la probabilidad de conseguir créditos en condiciones blandas. ● Desarrollar una política pública para la diversificación de recursos no reembolsables, principalmente la posibilidad de incluir subsidios al CAPEX.

Anexos

Anexo 1: Entrevistas efectuadas

Tipo de actor	Organización	Persona	Objetivo de la entrevista
Gobierno	MOPT	Roy Allan Jiménez	Políticas de modernización
	ARESEP	Edward Araya	Efecto de los autobuses eléctricos en las tarifas
	MINAE	Carolina Flores Valle	Implementación de la política de descarbonización
	CTP	Jessie Vega - Otros	Políticas de modernización
	CTP	Aura Álvarez Orozco	Políticas de modernización
	Casa Presidencial	Alan Blanco	Implementación de la política de descarbonización
Fabricantes de buses eléctricos	BYD	Eduardo López	Costo y tipologías
	Sunwin	Ediltron Gómes	Costo y tipologías
	Busma Motors	Esteban Rivera	Costo y tipologías
Bancos	Promerica	Jonathan Sánchez	Condiciones de financiamiento
	Banco de Costa Rica	Evelyn Aguilar	Condiciones de financiamiento
	Banco Mundial	Abel López	Condiciones de financiamiento
	BID	Mauricio Bayona	Condiciones de financiamiento
Compañías de energía	ICE	Roberto Quiroz	Desarrollo de infraestructura de carga
Operadores de buses	CANATRANS	Silvia Bolaños	Perspectiva del operador sobre la incorporación de autobuses eléctricos
	CANABUS	Yerling Gómez	Perspectiva del operador sobre la incorporación de autobuses eléctricos
Organismos internacionales	Cepal	Georgina Cipoletta / Marcos Adamson	Modelos de negocios para la incorporación de autobuses eléctricos
	GIZ - MiTansporte	Claus Kruse	Situación actual de la electrificación del transporte público
	GIZ - MiTansporte	Luis Pinzón	Modelos de negocios para la incorporación de autobuses eléctricos
	Clean Energy Works	Margarita Parra	Modelos de negocios para la incorporación de autobuses eléctricos
	CRUSA	Juan Guillermo Murillo / Carolina Rodríguez	Modelos de negocios para la incorporación de autobuses eléctricos
	GCF READINESS	María Ventura	Situación actual de la electrificación del transporte público
Otros	Grüter Consulting	Verena Arauz	Modelos de negocio

Anexo 2: Análisis comparativo de estimaciones de costos de estudios anteriores

En este Anexo se presenta un análisis comparativo de estimaciones de costos de estudios anteriores. Los estudios considerados son los siguientes:

- **Grütter 1**. Corresponde a BID (2018) Tecnologías alternas para buses urbanos en Costa Rica. Grütter Consulting, capítulo 4.
- **Grütter 2**. Misma referencia anterior, pero en este caso corresponde a los cálculos presentados en el capítulo 5.
- **Grutter 3**. Corresponde a la presentación realizada por Jurg Grütter en el Webinar 6 sobre modelos de negocio organizados por GIZ.
- **CMM**. Estudio desarrollado por el Centro Mario Molina (CMM). CRUSA-PNUMA (2020) Resultados del análisis de costos de las rutas de autobús del Área Metropolitana de San José con base en su consumo energético. Centro Mario Molina.
- **Deloitte**. Corresponde al estudio desarrollado por esta consultora para el World Bank y para Aresep.
- **Comp 5**: Componente 5. Se refiere al presente trabajo. Se indica el dato que se utiliza en este trabajo para el cálculo del TCO.

Los datos utilizados en los cálculos desarrollados en este informe se presentan bajo la columna "CMM revisado". Los datos que se utilizan provienen, en su mayoría, del trabajo realizado por el Centro Mario Molina, salvo algunas excepciones (costo de infraestructura de carga y costo de mantenimiento).

Cuadro A2-1: Números de buses, por estudio.

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
No. Buses 12m	1	17	1	204	136	204

Fuente: Elaboración propia

Tal como se muestra en el cuadro siguiente, el valor adoptado para el bus eléctrico fue adoptado de la compra de 100 buses eléctricos para el sistema Red de Santiago (ZEBRA). Dicho valor es consistente con el promedio estimado por los fabricantes durante las entrevistas.

Para el precio de un bus diésel se adoptó el valor supuesto por CMM, que es intermedio entre otros antecedentes.

El valor adoptado para las baterías (tanto para el precio inicial como para su reposición) es superior a estimaciones previas, de modo de ser consistente con las estimaciones para el precio de un chasis 0 km. Este valor representa un 45% del precio de un bus eléctrico nuevo, lo que es consistente con las consultas realizadas a los fabricantes. De esta manera, se adoptó el valor máximo de batería/kWh estimado por Deloitte. Este valor, de 490 USD/kWh, es ligeramente superior a la estimación del estudio del BID para Lima (460 USD/kWh). De igual manera, el precio adoptado para la reposición de la batería corresponde al 45% del valor inicial, tal como se estima para el estudio de Deloitte.

El precio del cargador por bus fue tomado de CMM. Nótese que existen estimaciones más altas como las del BID (entre 10.000 y 12.000 USD/bus) y Grütter (6000 USD/bus). De todos modos la diferencia es poco significativa en cuanto a los resultados finales del análisis.

Por su parte, el costo asumido para la infraestructura de carga es intermedio entre las estimaciones disponibles.

Cuadro A2-2: Costos de inversión en buses, baterías e infraestructura de carga, por estudio.

Bus Diesel

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
Valor bus 12 m Diesel (USD/bus)	150.000	150.000	110.000	119.700	127.000	119.700
Vida útil (años)	15	15		15		15

Bus eléctrico

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
Valor bus 12 m eléctrico con batería (USD/bus)	270.000	317.628	262.000	260.000		300.000
Valor bus 12 m eléctrico sin batería (USD/bus)					330.000	
Vida útil (años)	16	16		15	15	15
Capacidad de la batería (kWh)	450			272	61	272
Valor residual bus eléctrico (%)				5%	0%	5%

Baterías

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
Valor batería (USD)				40.000		133.280
Valor batería por kWh mín (USD/kWh)					150	
Valor batería por kWh máx (USD/kWh)					490	
Valor batería mín (USD)					9.150	
Valor batería máx (USD)					29.890	
Valor reposición batería (USD)	20.000		35.000	28.000		59.840
Valor reposición batería por kWh mín (USD/kWh)					70	
Valor reposición batería por kWh máx (USD/kWh)					220	
Valor reposición batería mín (USD)					4.270	
Valor reposición batería máx (USD)					13.420	
Año reposición batería	8		8	8	8	8
Valor residual de la batería (%)	20%				20%	

Cargador e infraestructura de carga

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
Valor cargador (USD)	6.000			4.000		4.000
Valor infraestructura de carga por bus (USD/bus)		31.000	44.800	2.355	28.353	30.000
Valor infra. punto carga cochera (USD/punto)					19.500	
Valor infra. punto carga cabecera (USD/punto)					230.000	
No. Puntos de carga en cochera					68	
No. Puntos de carga en cabecera					11	

Fuente: Elaboración propia

El número de kilómetros a recorrer por bus, así como los costos operativos por kilómetro, fueron tomados del estudio de CMM. Dicha estimación surge del análisis de los kilómetros de trazado y las frecuencias del sistema de buses del AMSJ para un estudio de las emisiones, por lo que es más preciso que otras estimaciones. Además, el valor es consistente con el estimado por Deloitte para los buses urbanos. Nótese que este valor es bajo en relación con la cantidad de kilómetros al año recorridos en otros sistemas como Santiago (en torno a los 80.000). Un mejor aprovechamiento de la flota eléctrica en el AMSJ resultaría en un TCO más favorable, al

amortizar el mayor costo de adquisición con un mayor ahorro en los costos operacionales.

Cuadro A2-3: Número de kilómetros, por estudio.

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
km/día/bus	220			112		
días/año	320			360		
miles kms/año/bus	70	70		40	45	40
miles kms/año/flota	70	1.190	-	8.189	6.120	8.189

Fuente: Elaboración propia

Para los costos de mantenimiento se adoptaron los valores de CMM. El costo de mantenimiento de un bus eléctrico representa el 56% del de un bus diésel. El estudio del BID para Lima (2020) analiza distintas referencias internacionales sobre costos de mantenimiento, y encuentra que los costos para un bus eléctrico representan entre 30% y 70% de los costos para un bus diésel. Por lo tanto, el valor adoptado es intermedio en este rango.

Cuadro A2-4: Costos de mantenimiento, por estudio.

Costo de mantenimiento por kilómetro

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
Diesel: sólo materiales (USD/km)				0,11		
eléctrico: sólo materiales (USD/km)				0,06		
Diesel: materiales y personal (USD/km)	0,20			0,15	0,20	0,15
eléctrico: materiales y personal (USD/km)	0,14			0,09	0,14	0,09
razón eléctrico/Diesel: sólo materiales	0,70			0,54		
razón eléctrico/Diesel: materiales y personal				0,56	0,72	0,56

Costo total de mantenimiento

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
Diesel: sólo materiales (miles USD/año)				927	-	-
eléct: sólo materiales (miles USD/año)				504	-	-
Diesel: materiales y personal (miles USD/año)	14			1.257	1.218	1.257
eléct: materiales y personal (miles USD/año)	10			703	881	703
Ahorro con buses eléctricos (miles USD/año)	4			554	337	554

Fuente: Elaboración propia

Las estimaciones para el costo de la energía y combustible, así como el rendimiento de los vehículos, también fueron tomadas de CMM. El costo de la energía eléctrica corresponde a la tarifa promocional de la energía fijada por ARESEP para la carga de buses eléctricos, mientras que el precio del diésel corresponde al promedio de los precios de los últimos 10 años, lo que es más representativo que un indicador actual en vista de las fluctuaciones de este valor.

Por último, el rendimiento del combustible y la energía fueron tomados del estudio CMM. Estos valores son muy cercanos a los de otros antecedentes como Deloitte y Grütter.

Cuadro A2-5: Costos de combustible y energía, por estudio.

Costo de combustible y energía

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
Precio Diesel (USD/l)	0,900			0,900	0,936	0,900
Precio Energía (USD/kWh)	0,074			0,095	0,208	0,095
Precio Diesel por kilómetro (USD/km)	0,396			0,423	0,440	0,423
Precio Energía por kilómetro (USD/km)	0,089			0,125	0,270	0,125

Rendimiento de combustible y energía

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
Rendimiento combustible (km/l)	2,27			2,13	2,13	2,13
Rendimiento energía (km/kWh)	0,83			0,76	0,77	0,76

Costo total de combustible y energía

	Grütter 1	Grütter 2	Grütter 3	CMM	Deloitte	Comp 5
Costo combustible (miles USD/año)	28			3.464	2.693	3.464
Costo energía (miles USD/año)	6			1.027	1.652	1.027
Ahorro con buses eléctricos (miles USD/año)	22			2.437	1.040	2.437

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Detalle del cálculo del TCO considerando todas las componentes de inversión.

En este Anexo se presentan las tablas con el detalle de los costos para cada componente de la inversión en cada año, según los distintos modelos de negocio que se proponen en el Capítulo 4.

Cuadro A3-1: Cálculo del TCO para buses diésel, caso base (valores en millones de USD)

Cálculo de TCO Bus diésel. Situación actual. Operador de transporte financia con crédito a 7 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 7,33	$ 3,17	$ 3,17	$ 3,17	$ 3,17	$ 3,17	$ 3,17	$ 3,17								
Mantenimiento		$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26	$ 1,26
Combustible		$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46	$ 3,46
Total	$ 7,33	$ 7,89	$ 7,89	$ 7,89	$ 7,89	$ 7,89	$ 7,89	$ 7,89	$ 4,72	$ 4,72	$ 4,72	$ 4,72	$ 4,72	$ 4,72	$ 4,72	$ 4,72
Total descontado	$ 7,33	$ 7,30	$ 6,75	$ 6,25	$ 5,78	$ 5,34	$ 4,94	$ 4,57	$ 2,53	$ 2,34	$ 2,17	$ 2,00	$ 1,85	$ 1,72	$ 1,59	$ 1,47
VA	$ 63,93															

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A3-2: Cálculo del TCO para buses eléctricos, caso base (valores en millones de USD)

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 7 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 18,36	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94								
Batería								$ 3,66	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	
Cargador	$ 0,24	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11								
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79								
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 20,44	$ 10,57	$ 10,57	$ 10,57	$ 10,57	$ 10,57	$ 10,57	$ 14,23	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 1,73
Total descontado	$ 20,44	$ 9,78	$ 9,05	$ 8,37	$ 7,74	$ 7,16	$ 6,62	$ 8,25	$ 1,78	$ 1,64	$ 1,52	$ 1,41	$ 1,30	$ 1,20	$ 1,11	$ 0,54
VA	$ 87,92															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 15 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 18,36	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83
Batería								$ 3,66	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	
Cargador	$ 0,24	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 20,44	$ 7,11	$ 7,11	$ 7,11	$ 7,11	$ 7,11	$ 7,11	$ 10,77	$ 8,69	$ 8,69	$ 8,69	$ 8,69	$ 8,69	$ 8,69	$ 8,69	$ 7,11
Total descontado	$ 20,44	$ 6,57	$ 6,08	$ 5,63	$ 5,20	$ 4,81	$ 4,45	$ 6,24	$ 4,66	$ 4,31	$ 3,99	$ 3,69	$ 3,41	$ 3,16	$ 2,92	$ 2,21
VA	$ 87,79															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing parcial. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus: Chassis y carrocería	$ 10,20	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41								
Batería inicial	$ 8,16	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32								
Resposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	
Cargador	$ 0,24	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 20,44	$ 9,95	$ 9,95	$ 9,95	$ 9,95	$ 9,95	$ 9,95	$ 13,61	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 2,22
Total descontado	$ 20,44	$ 9,20	$ 8,51	$ 7,88	$ 7,29	$ 6,74	$ 6,23	$ 7,89	$ 1,99	$ 1,84	$ 1,70	$ 1,57	$ 1,46	$ 1,35	$ 1,25	$ 0,69
VA	$ 86,02															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing total. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 18,36	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29
Reposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	
Cargador	$ 0,24	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 20,44	$ 6,51	$ 6,51	$ 6,51	$ 6,51	$ 6,51	$ 6,51	$ 10,17	$ 8,00	$ 8,00	$ 8,00	$ 8,00	$ 8,00	$ 8,00	$ 8,00	$ 6,51
Total descontado	$ 20,44	$ 6,02	$ 5,57	$ 5,15	$ 4,77	$ 4,41	$ 4,08	$ 5,90	$ 4,29	$ 3,97	$ 3,67	$ 3,40	$ 3,14	$ 2,91	$ 2,69	$ 2,02
VA	$ 82,43															

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A3-3: Cálculo del TCO para buses eléctricos, sin costo infraestructura de carga (valores en millones de USD)

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 7 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 18,36	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94	$ 7,94								
Batería								$ 3,66	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	
Cargador	$ 0,24	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11								
Infraestructura de carga	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -								
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 18,60	$ 9,78	$ 9,78	$ 9,78	$ 9,78	$ 9,78	$ 9,78	$ 13,44	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 1,73
Total descontado	$ 18,60	$ 9,04	$ 8,37	$ 7,74	$ 7,16	$ 6,62	$ 6,13	$ 7,79	$ 1,78	$ 1,64	$ 1,52	$ 1,41	$ 1,30	$ 1,20	$ 1,11	$ 0,54
VA	$ 81,96															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 15 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 18,36	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83	$ 4,83
Batería								$ 3,66	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	
Cargador	$ 0,24	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Infraestructura de carga	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 18,60	$ 6,62	$ 6,62	$ 6,62	$ 6,62	$ 6,62	$ 6,62	$ 10,29	$ 8,21	$ 8,21	$ 8,21	$ 8,21	$ 8,21	$ 8,21	$ 8,21	$ 6,62
Total descontado	$ 18,60	$ 6,13	$ 5,67	$ 5,24	$ 4,85	$ 4,49	$ 4,15	$ 5,96	$ 4,40	$ 4,07	$ 3,77	$ 3,48	$ 3,22	$ 2,98	$ 2,76	$ 2,06
VA	$ 81,85															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing parcial. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus: Chassis y carrocería	$ 10,20	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41	$ 4,41								
Batería inicial	$ 8,16	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32								
Resposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	
Cargador	$ 0,24	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Infraestructura de carga	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 18,60	$ 9,52	$ 9,52	$ 9,52	$ 9,52	$ 9,52	$ 9,52	$ 13,18	$ 3,28	$ 3,28	$ 3,28	$ 3,28	$ 3,28	$ 3,28	$ 3,28	$ 1,79
Total descontado	$ 18,60	$ 8,81	$ 8,15	$ 7,54	$ 6,97	$ 6,45	$ 5,97	$ 7,64	$ 1,76	$ 1,63	$ 1,50	$ 1,39	$ 1,29	$ 1,19	$ 1,10	$ 0,56
VA	$ 80,53															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing total. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 18,36	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29	$ 4,29
Reposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	
Cargador	$ 0,24	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Infraestructura de carga	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 18,60	$ 6,08	$ 6,08	$ 6,08	$ 6,08	$ 6,08	$ 6,08	$ 9,74	$ 7,57	$ 7,57	$ 7,57	$ 7,57	$ 7,57	$ 7,57	$ 7,57	$ 6,08
Total descontado	$ 18,60	$ 5,63	$ 5,20	$ 4,81	$ 4,45	$ 4,12	$ 3,81	$ 5,65	$ 4,06	$ 3,76	$ 3,47	$ 3,21	$ 2,97	$ 2,75	$ 2,54	$ 1,89
VA	$ 76,94															

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A3-4: Cálculo del TCO para buses eléctricos, tasas de financiamiento reducidas (valores en millones de USD)

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 7 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 18,36	$ 6,78	$ 6,78	$ 6,78	$ 6,78	$ 6,78	$ 6,78	$ 6,78								
Batería								$ 3,66	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	
Cargador	$ 0,24	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09								
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,68	$ 0,68	$ 0,68	$ 0,68	$ 0,68	$ 0,68	$ 0,68								
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 20,44	$ 9,28	$ 9,28	$ 9,28	$ 9,28	$ 9,28	$ 9,28	$ 12,94	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 1,73
Total descontado	$ 20,44	$ 8,59	$ 7,94	$ 7,35	$ 6,80	$ 6,29	$ 5,82	$ 7,50	$ 1,65	$ 1,53	$ 1,41	$ 1,31	$ 1,21	$ 1,12	$ 1,04	$ 0,54
VA	$ 80,53															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 15 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 18,36	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54	$ 3,54
Batería								$ 3,66	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	
Cargador	$ 0,24	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35	$ 0,35
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 20,44	$ 5,67	$ 5,67	$ 5,67	$ 5,67	$ 5,67	$ 5,67	$ 9,33	$ 7,02	$ 7,02	$ 7,02	$ 7,02	$ 7,02	$ 7,02	$ 7,02	$ 5,67
Total descontado	$ 20,44	$ 5,25	$ 4,85	$ 4,49	$ 4,15	$ 3,84	$ 3,55	$ 5,41	$ 3,77	$ 3,48	$ 3,22	$ 2,98	$ 2,76	$ 2,55	$ 2,36	$ 1,76
VA	$ 74,88															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing parcial. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus: Chassis y carrocería	$ 10,20	$ 3,77	$ 3,77	$ 3,77	$ 3,77	$ 3,77	$ 3,77	$ 3,77								
Batería inicial	$ 8,16	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91								
Resposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	
Cargador	$ 0,24	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 20,44	$ 8,79	$ 8,79	$ 8,79	$ 8,79	$ 8,79	$ 8,79	$ 12,45	$ 3,41	$ 3,41	$ 3,41	$ 3,41	$ 3,41	$ 3,41	$ 3,41	$ 2,10
Total descontado	$ 20,44	$ 8,13	$ 7,52	$ 6,96	$ 6,44	$ 5,95	$ 5,51	$ 7,22	$ 1,83	$ 1,69	$ 1,57	$ 1,45	$ 1,34	$ 1,24	$ 1,15	$ 0,65
VA	$ 79,08															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing total. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 18,36	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30	$ 3,30
Reposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	
Cargador	$ 0,24	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33	$ 0,33
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 20,44	$ 5,41	$ 5,41	$ 5,41	$ 5,41	$ 5,41	$ 5,41	$ 9,07	$ 6,72	$ 6,72	$ 6,72	$ 6,72	$ 6,72	$ 6,72	$ 6,72	$ 5,41
Total descontado	$ 20,44	$ 5,00	$ 4,63	$ 4,28	$ 3,96	$ 3,66	$ 3,39	$ 5,26	$ 3,60	$ 3,33	$ 3,08	$ 2,85	$ 2,64	$ 2,44	$ 2,26	$ 1,68
VA	$ 72,51															

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A3-5: Cálculo del TCO para buses eléctricos, costo de bus eléctrico reducido (valores en millones de USD)

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 7 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 12,85	$ 5,56	$ 5,56	$ 5,56	$ 5,56	$ 5,56	$ 5,56	$ 5,56								
Batería								$ 3,66	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	
Cargador	$ 0,24	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11	$ 0,11								
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79	$ 0,79								
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 14,93	$ 8,19	$ 8,19	$ 8,19	$ 8,19	$ 8,19	$ 8,19	$ 11,85	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 3,31	$ 1,73
Total descontado	$ 14,93	$ 7,57	$ 7,01	$ 6,48	$ 6,00	$ 5,55	$ 5,13	$ 6,87	$ 1,78	$ 1,64	$ 1,52	$ 1,41	$ 1,30	$ 1,20	$ 1,11	$ 0,54
VA	$ 70,05															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 15 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 12,85	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38	$ 3,38
Batería								$ 3,66	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	$ 1,58	
Cargador	$ 0,24	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48	$ 0,48
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 14,93	$ 5,66	$ 5,66	$ 5,66	$ 5,66	$ 5,66	$ 5,66	$ 9,32	$ 7,24	$ 7,24	$ 7,24	$ 7,24	$ 7,24	$ 7,24	$ 7,24	$ 5,66
Total descontado	$ 14,93	$ 5,23	$ 4,84	$ 4,48	$ 4,14	$ 3,83	$ 3,55	$ 5,40	$ 3,88	$ 3,59	$ 3,32	$ 3,07	$ 2,84	$ 2,63	$ 2,43	$ 1,76
VA	$ 69,96															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing parcial. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus: Chassis y carrocería	$ 4,70	$ 2,03	$ 2,03	$ 2,03	$ 2,03	$ 2,03	$ 2,03	$ 2,03								
Batería inicial	$ 8,16	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32	$ 3,32								
Resposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	
Cargador	$ 0,24	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 14,93	$ 7,57	$ 7,57	$ 7,57	$ 7,57	$ 7,57	$ 7,57	$ 11,23	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 3,71	$ 2,22
Total descontado	$ 14,93	$ 7,00	$ 6,47	$ 5,99	$ 5,54	$ 5,13	$ 4,74	$ 6,51	$ 1,99	$ 1,84	$ 1,70	$ 1,57	$ 1,46	$ 1,35	$ 1,25	$ 0,69
VA	$ 68,15															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing total. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 12,85	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01	$ 3,01
Reposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	$ 1,49	
Cargador	$ 0,24	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06	$ 0,06
Infraestructura de carga	$ 1,84	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43	$ 0,43
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 14,93	$ 5,22	$ 5,22	$ 5,22	$ 5,22	$ 5,22	$ 5,22	$ 8,88	$ 6,71	$ 6,71	$ 6,71	$ 6,71	$ 6,71	$ 6,71	$ 6,71	$ 5,22
Total descontado	$ 14,93	$ 4,83	$ 4,47	$ 4,13	$ 3,82	$ 3,54	$ 3,27	$ 5,15	$ 3,60	$ 3,33	$ 3,08	$ 2,85	$ 2,64	$ 2,44	$ 2,26	$ 1,62
VA	$ 65,96															

Fuente: Elaboración propia

Cuadro A3-6: Cálculo del TCO para buses eléctricos, costo de bus eléctrico, tasas e infraestructura de carga reducidos (millones de USD)

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 7 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 12,85	$ 4,75	$ 4,75	$ 4,75	$ 4,75	$ 4,75	$ 4,75	$ 4,75								
Batería								$ 3,66	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	
Cargador	$ 0,24	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09	$ 0,09								
Infraestructura de carga	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -								
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 13,10	$ 6,57	$ 6,57	$ 6,57	$ 6,57	$ 6,57	$ 6,57	$ 10,23	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 1,73
Total descontado	$ 13,10	$ 6,08	$ 5,62	$ 5,20	$ 4,81	$ 4,45	$ 4,12	$ 5,93	$ 1,65	$ 1,53	$ 1,41	$ 1,31	$ 1,21	$ 1,12	$ 1,04	$ 0,54
VA	$ 59,11															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Operador de transporte financia con crédito a 15 años. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 12,85	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48	$ 2,48
Batería								$ 3,66	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	$ 1,35	
Cargador	$ 0,24	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05	$ 0,05
Infraestructura de carga	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 13,10	$ 4,25	$ 4,25	$ 4,25	$ 4,25	$ 4,25	$ 4,25	$ 7,92	$ 5,61	$ 5,61	$ 5,61	$ 5,61	$ 5,61	$ 5,61	$ 5,61	$ 4,25
Total descontado	$ 13,10	$ 3,94	$ 3,64	$ 3,37	$ 3,12	$ 2,88	$ 2,67	$ 4,59	$ 3,01	$ 2,78	$ 2,57	$ 2,38	$ 2,20	$ 2,04	$ 1,88	$ 1,32
VA	$ 55,49															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing parcial. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus: Chassis y carrocería	$ 4,70	$ 1,73	$ 1,73	$ 1,73	$ 1,73	$ 1,73	$ 1,73	$ 1,73								
Batería inicial	$ 8,16	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91	$ 2,91								
Resposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	
Cargador	$ 0,24	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04
Infraestructura de carga	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 13,10	$ 6,42	$ 6,42	$ 6,42	$ 6,42	$ 6,42	$ 6,42	$ 10,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 3,08	$ 1,77
Total descontado	$ 13,10	$ 5,94	$ 5,50	$ 5,08	$ 4,70	$ 4,35	$ 4,02	$ 5,85	$ 1,65	$ 1,53	$ 1,41	$ 1,31	$ 1,21	$ 1,12	$ 1,04	$ 0,55
VA	$ 58,36															

Cálculo de TCO Bus eléctrico. Leasing total. en millones de USD

	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus	$ 12,85	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31	$ 2,31
Reposición batería año 8								$ 3,66	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	$ 1,31	
Cargador	$ 0,24	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04	$ 0,04
Infraestructura de carga	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento		$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70	$ 0,70
Energía		$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03	$ 1,03
Total	$ 13,10	$ 4,09	$ 4,09	$ 4,09	$ 4,09	$ 4,09	$ 4,09	$ 7,75	$ 5,39	$ 5,39	$ 5,39	$ 5,39	$ 5,39	$ 5,39	$ 5,39	$ 4,09
Total descontado	$ 13,10	$ 3,78	$ 3,50	$ 3,23	$ 2,99	$ 2,77	$ 2,56	$ 4,49	$ 2,89	$ 2,68	$ 2,48	$ 2,29	$ 2,12	$ 1,96	$ 1,81	$ 1,27
VA	$ 53,92															

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Minuta del taller de Presentación del estudio para la incorporación de buses eléctricos en AMSJ Costa Rica, 16 de junio 2021.

Nombre del taller	Presentación del estudio para la incorporación de buses eléctricos en AMSJ Costa Rica		
Fecha	16/06/2021	**Hora inicio**	10:00 (CST)
Lugar	Microsoft Teams	**Hora fin**	12:00 (CST)
Grabación de la reunión	La grabación del taller no es pública, se puede acceder mediante el siguiente enlace: https://youtu.be/CyowSzoTAms		
Objetivo	Presentar los resultados y principales conclusiones del "Análisis financiero y legal sobre la incorporación de buses eléctricos en el sistema de transporte público de San José Costa Rica"		

Lista de asistentes:

Sector	Persona	Organización
Gobierno	Edward Araya	ARESEP
	Carolina Flores Valle	MINAE
	Jessie Vega	CTP
	Manuel Sanchez	CTP
	Alan Blanco	Presidencia
Fabricantes de buses	Eduardo López	BYD
	Ediltron Gómes	Sunwin
	Esteban Rivera	Busma Motors
	Olga Zuñiga	Busma Motors
Bancos	Evelyn Aguilar	Banco de Costa Rica
	Marcela Lizano Vargas	Banco Nacional
	Silvia Chaves Herra	Banco Nacional
	Allan Rodriguez Salazar	Banco Nacional
	Asdrubal Roman Murillo	Banco de Costa Rica
Operadores de buses	Bernal Rodriguez	Canabus
	Yerling Gómez	Canabus
Organismos internacionales y Organizaciones sin Fines de Lucro	Juan Guillermo Murillo	CRUSA
	Carolina Rodríguez	CRUSA
	Claus Kruse	GIZ – MiTansporte
	Luis Pinzón	GIZ – MiTansporte
	Margarita Parra	Clean Energy Works
	Susana Valverde Masis	BID
Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente	Esteban Bermudez	PNUMA
	Jone Orbea	PNUMA
	Julio Briones	PNUMA
	Sergio Valverde	PNUMA
	Arturo Steinvorth	PNUMA
	Marisol Centeno	PNUMA
	Carlos Mir	PNUMA
	Parménides Canseco	PNUMA
	María José Ventura	PNUMA

Agenda

Tiempo	Horario	Actividad	Encargado(a)
10	10:05 - 10:15	Bienvenida	CRUSA y PNUMA
40	10:15 - 10:55	Presentación del estudio:	Julio Briones y Sergio Valverde (Consultores)
		1. Introducción.	
		2. Revisión de estudios anteriores acerca de financiamiento de buses eléctricos.	
		3. Evaluación de TCO de buses eléctricos bajo distintas alternativas de financiamiento.	
		4. ¿En qué condiciones el TCO de los buses eléctricos podría ser menor que el TCO de los buses diésel?	
		5. ¿Cómo viabilizar estas condiciones en el caso del AM de San José? Discusión.	
		Anexos: Análisis comparativo de datos y Memoria de cálculo de TCO	
10	10:55- 11:05	Preguntas sobre la presentación	Julio Briones y Sergio Valverde
40	11:05- 11:45	Discusión en grupos pequeños	Julio, Sergio y Arturo
20	11:45 - 12:00	Puesta en Común	CRUSA y PNUMA

Dinámica de las mesas de discusión:

Grupo	Moderador	Apoyo
1	Julio Briones	Marisol Centeno Sánchez
2	Sergio Valverde	Carlos Mir Cárdenas
3	Arturo Steinvorth	Parmenides Canseco Hernández

Preguntas para la discusión

Condiciones:	1. Buses más baratos (30% menos que el precio considerado en el análisis)
	2. Financiamiento con tasas de interés más bajas y plazos más largos
	3. Infraestructura de carga provista sin cargo a operadores de buses.
Pregunta 1:	¿Son las tres condiciones antes señaladas suficientes para permitir la incorporación de buses eléctricos en el AM de San José? ¿Sobran condiciones? ¿Faltan?
Pregunta 2:	¿Qué tan factibles encuentra usted que son estas condiciones?
Pregunta 3:	Considerando las tres condiciones antes señaladas ¿Estaría dispuesta a involucrarse en este proyecto de incorporación de buses eléctricos la organización a la que usted pertenece?

REFERENCIAS

Documentos y artículos

BID (2018) Tecnologías alternas para buses urbanos en Costa Rica. Grutter Consulting.

BID (2020) Análisis y diseño de modelos de negocio y mecanismos de financiación para buses eléctricos en Lima, Perú.

Canon Rubiano, L (2018) Mi autobús es tu autobús: cómo el esquema desagregado de provisión de flota puede apoyar los programas de modernización de autobuses. Banco Mundial Blogs. https://blogs.worldbank.org/es/voices/mi-autobus-es-tu-autobus-como-el-esquema-desagregado-de-provision-de-flota-puede-apoyar-los

Cepal (2020) Hacia una electromovilidad pública en México. https://www.cepal.org/es/publicaciones/46060-electromovilidad-publica-mexico

CRUSA-PNUMA (2020) Análisis y mitigación de barreras para el despliegue de autobuses eléctricos en Costa Rica.

CRUSA-PNUMA (2020) Resultados del análisis de costos de las rutas de autobús del Área Metropolitana de San José con base en su consumo energético. Centro Mario Molina.

GIZ (2018) Climate change mitigation in Costa Rica's transport sector – MiTransporte, Stewart K. Pirnie.

GIZ (2019) Financial mechanisms for electric bus adoption.

GIZ (2020) Mecanismos de fondeo y financiamiento para la movilidad sustentable: oportunidades para Costa Rica.

GIZ (2021) Webinario 6 ¿Cuáles son las transformaciones que debe tener una empresa operadora ante la introducción de buses eléctricos en su flota? Presentación de Jurg Grütter. Disponible en canal de youtube de Costa Rica. https://www.youtube.com/channel/UC7Y1zprSXgbPGaCvfFOPEQA

Li, X., Castellanos, S., & Maassen, A. (2017). Current trends and innovations affecting the potential for a widespread adoption of electric buses-A comparative case study of 22 cities in the Americas, Asia-Pacific and Europe. https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/handle/2123/19576/Thredbo_15_Thredbo_15_Paper_99.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mooney, C. Z. (1997). *Monte carlo simulation* (No. 116). Sage.

Orbea, J., Castellanos, S., Albuquerque, C., Sclar, R., & Pinheiro, B. (2019). Adapting Procurement Models for Electric Buses in Latin America. Transportation Research Record, 2673(10), 175-184.

UITP (2020) Guía para la licitación de autobuses.

World Bank (2019) Desarrollo de una metodología de costos y tarifa para la adopción de servicios de autobús eléctrico en Costa Rica. Informe final. Deloitte.

World Resources Institute (2017) ¿Cómo pueden las ciudades llevar a cabo las inversiones complejas como son buses de bajas emisiones? Presentación en XIII Congreso Internacional

"Ciudades y Transporte" https://wrimexico.org/events/xiii-congreso-internacional-ciudades-y-transporte

Zebra (2020) From pilots to scale: Lessons from electric bus deployments in Santiago de Chile, https://iea.blob.core.windows.net/assets/db408b53-276c-47d6-8b05-52e53b1208e1/e-bus-case-study-Santiago-From-pilots-to-scale-Zebra-paper.pdf

MOPT (2019) Plan Estratégico Sectorial 2019-2024 Infraestructura y Transporte
ARESEP (2021) Usuarios evalúan el servicios de autobús

Banco Mundial (2018) Mi autobús es tu autobús: cómo el esquema desagregado de provisión de flota puede apoyar los programas de modernización de autobuses
https://blogs.worldbank.org/es/voices/mi-autobus-es-tu-autobus-como-el-esquema-desagregado-de-provision-de-flota-puede-apoyar-los

BID (2015) Oportunidades de financiamiento a operadores privados de transporte público en Latinoamérica

The European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), (2021) Going electric: A pathway to zero-emission buses,

Normativa

Ley Reguladora del Servicio Público de Transporte Remunerado de Personas en Vehículos en la modalidad de Taxi

Ley Reguladora del Transporte Remunerado de Personas en Vehículos Automotores y sus reformas

Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos

Ley de la Administración Financiera de la República y Presupuestos Públicos

Ley de Incentivos y promoción para el transporte eléctrico

Ley Reguladora de Exoneraciones Vigentes, Derogatorias y Excepciones

Reglamento de Vida Máxima Autorizada para las Unidades de Transporte Colectivo Remunerado de personas y Servicios Especiales

Metodología para fijación ordinaria de tarifas para el servicio de transporte remunerado de personas, modalidad autobús

Contrato de concesión periodo 2013 - 2021

Acta Junta Directiva CTD, sesión 34-2021 del 6 de mayo del 2021

Definición de tipologías de autobuses para el transporte público en Costa Rica (GIZ, 2020)

Resolución RES-DGH-073-2019, Dirección General de Hacienda

Plan de Nacional de Descarbonización

Plan Nacional de Transporte Eléctrico

Programa para un Sistema Integrado de Transporte Público Masivo para la GAM

Decreto de la Junta Departamental (JDM) No. 30598 de fecha 18/12/2003

Actualización de la calificación de riesgo de títulos de deuda a ser emitidos por el fideicomiso financiero denominado “Fondo de Financiamiento del Transporte Colectivo Urbano De Montevideo V”, CARE Calificadora de Riesgo, Marzo 2021

Reglamento sobre el registro de bienes afectos a la concesión de uso de vías