

Espacio para portada

Tabla de contenido

1	Documento	1
2	Resumen Ejecutivo	3
3	Antecedentes.....	6
4	El presente estudio	6
4.1	Marco conceptual	6
4.2	Objetivos del estudio	6
4.3	Alcance del estudio	7
5	Sistemas de transporte público	7
5.1	Sistemas de transporte	7
5.2	Caracterización del estudio.....	9
6	Herramienta de evaluación socioeconómica.	10
6.1	Restricciones y limitaciones.	10
6.2	Descripción de la herramienta	11
6.3	Escenarios de evaluación de PSC	13
6.3.1	Precio social de tonelada de carbono \$5 USD	15
6.3.2	Precio social de tonelada de carbono \$10 USD	17
6.3.3	Precio social de tonelada de carbono \$20 USD	19
6.3.4	Precio social de tonelada de carbono \$30 USD	21
6.3.5	Precio social de tonelada de carbono \$50 USD	23
6.4	Análisis de escenarios.	25
7	Reto de escalamiento en tecnologías.....	26
7.1	Barreras de implementación detectadas.....	26
8	Conclusiones y recomendaciones.....	27
8.1.1	Generales, industria de sistemas de transporte bajos en emisiones.....	27
8.1.2	Específicas, precio social de carbono en el transporte público	28
8.2	Recomendaciones de política pública.....	28
8.2.1	Institucionalización y empresarización	28
8.2.2	Evaluación socioeconómica	29
8.2.3	Financiamiento.....	29
9	Anexos	31
9.1	Puntos de contacto	31
9.2	Bibliografía	31
9.3	Tablas	32

SIMULACIONES DEL PRECIO SOCIAL DEL CARBONO EN EL SECTOR TRANSPORTE PÚBLICO DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

1 Documento

El documento fue preparado para:



Preparado por:

M. en I. Marco Tulio Priego Adriano

El cambio climático es un tema relevante para América Latina y el Caribe, lo que se ve reflejado en que la mayoría de los países ha firmado o ratificado el Acuerdo de París y presentado su contribución nacionalmente determinada (NDC, por sus siglas en inglés) ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Asimismo, la transversalidad del tema ha generado un debate y un desafío para que la toma de decisiones en los distintos sectores se realice considerando un escenario de clima cambiante y sus posibles impactos

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha venido trabajando en el marco del Programa EUROCLIMA+ de la Unión Europea en varias iniciativas regionales que contribuyen a que los países de América Latina y el Caribe puedan avanzar en la implementación y cumplimiento de las NDC. Una de estas iniciativas es el grupo de trabajo regional sobre precio social del carbono, instancia en la que participan los sistemas nacionales de inversión pública, y que tiene por objetivo promover el uso de incentivos que orienten la inversión en los países de América Latina hacia un desarrollo bajo en carbono, fomentando la inversión pública sostenible en sectores clave como infraestructura, energía, transporte, entre otros

Los gobiernos de Chile, Costa Rica, Honduras, Nicaragua y Panamá han solicitado la asistencia de CEPAL para trabajar en la incorporación de un precio social del carbono. Ante este requerimiento, se están ejecutando cinco estudios técnicos sobre el tema, cuyos resultados preliminares serán presentados en la primera “Reunión del grupo de trabajo sobre precio del carbono” que tendrá lugar en la sede central de CEPAL en Santiago, Chile, los días 20 y 21 de diciembre de 2018

- Metodología para la estimación del precio social del carbono y fortalecimiento de capacidades para su aplicación en países de América Latina y el Caribe

-
- Facultades jurídicas de los gobiernos nacionales y subnacionales en América Latina y el Caribe para fijar un precio social del carbono
 - Simulaciones del precio social del carbono en el sector Infraestructura en países seleccionados de América Latina y el Caribe.
 - Simulaciones del precio social del carbono en el sector Transporte de América Latina y el Caribe
 - Simulaciones del precio social del carbono en el sector Energía de América Latina y el Caribe

2 Resumen Ejecutivo

El sector transporte es uno de los principales contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente por lo vehículos que se mueven a nivel de tierra: vehículos ligeros, camiones de carga, transporte público. Este último se encuentra es situación de rezago para lograr la incorporación de tecnologías que permitan bajas emisiones o incluso lleguen a cero emisiones locales como las eléctricas.

En Latinoamérica el transporte público se da principalmente en sistemas de autobuses. En los años recientes se han logrado nuevos proyectos de sistemas de transporte en autobuses que logran mejorar las emisiones, sin embargo la transformación del transporte público aún tiene un largo camino que recorrer, tan solo en las principales 25 ciudades de LATAM hay más de 200 mil unidades que requieren renovarse a nuevas tecnologías bajas en emisiones, y puede estimarse que en la región existen más de 500 unidades de autobuses que por igual deben renovarse para reducir las emisiones GEI y emisiones locales.

El transporte público en autobuses representa el principal medio de movilidad en las ciudades latinoamericanas, en algunas mayores al 50% del reparto modal. Por igual continuar con ciudades que mayoritariamente se mueven en transporte público y transporte no motorizado debe ser una prioridad para las ciudades latinoamericanas, a fin de lograr la sustentabilidad ambiental.

Para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero el presente estudio se enfoca en los proyecto de transporte público como principal medio de movilidad en LATAM, consecutivamente se requiere evaluar la factibilidad de implementar sistemas de transporte público bajo en emisiones o con tendencia a cero emisiones. Dicha evaluación se estimará mediante el costo comparativo de implementar flotas de autobuses de diferentes tecnologías, para lo cual se desarrollo una herramienta de cálculo.

Herramienta de evaluación de precios del carbono

La herramienta ofrece una evaluación socioeconómica¹ y financiera que compara los costos totales de proyectos de transporte público de autobuses bajos en carbono. Considera la información base de 7 tipos de autobuses de 12 metros de tecnologías diésel (EURO IV, V y VI), GNC, híbrida (EURO VI), Eléctrica de baterías, Eléctrica de carga de oportunidad (OppCharge²).

Se realizaron escenarios con diversos precios de toneladas de carbono para evaluar los cambios en los costos anuales equivalentes de las diferentes alternativas de flotas de autobuses. Los escenarios evaluados son \$5, \$10, \$20, \$30 y \$50 dólares por tonelada de carbono.

De tecnologías evaluadas pueden resaltarse que los costos de adquisición de las unidades pueden llegar a representar desde un 16% hasta un 50% para autobuses diésel euro IV a eléctricos de baterías respectivamente.

¹ Dado que incluye el costo ambiental a través del precio social del carbono.

² E.g.: autobús volvo de carga de oportunidad, <https://www.volvobuses.mx/es-mx/news/2017/may/volvo-buses-en-uitp.html>

Por el contrario, el costo del combustible puede ir desde un 37% hasta un 5% para las mismas tecnologías. Los costos cuantificables de emisiones contaminantes por CO₂, representan apenas un 4% para el caso donde la tonelada de carbono se cuantifica en 50USD, en la tecnología de mayor emisión.

Los contaminantes criterio pueden representar un fuerte incentivo para decidir sobre las tecnologías a adaptar, debido a que cuentan con fuertes restricciones de circulación, así tarificación y/o penalizaciones por circulación en ciertas zonas. Este incentivo, combinado con los contaminantes GEI, puede realmente ser un decisor en el mercado de los sistemas de transporte de bajas emisiones, al igual que cuenta con mayor aceptación de la ciudadanía y tomadores de decisión al ver los efectos localmente.

Es común considerar que las tecnologías eléctricas no tienen emisiones GEI, lo cual en general es un error. Para estos casos es necesario considerar los factores de emisión de consumo de la matriz energética de la ciudad o país, esto llevará a una comparación más justa entre las diferentes tecnologías evaluadas.

Oportunidades de adopción de tecnologías bajas en carbono

La adopción de flotas más limpias o cero emisiones depende en gran medida del volumen de unidades adquiridas. Es posible generar economías a escala que permitan la reducción de costos fijos, así como la reducción de costos de activos que aún tiene margen importante en las unidades, tal es el caso de las baterías. Entre más ciudades cuenten con flotas bajas en carbono, la industria tendrá mayores incentivos para su desarrollo, competencia y reducción de precios.

Latinoamérica cuenta con un potencial muy alto para la adquisición de unidades de autobuses. Tradicionalmente se ha movido en este medio de transporte y ha establecido la industria en la región. Con más de medio millón de unidades en la región, existe un mercado atractivo para el establecimiento de empresas armadoras y productoras de unidades, que no solo se comercialicen en la región, sino también tengan atractivo para exportar a otros mercados como el norteamericano.

La tarificación del precio del carbono es un incentivo que promueve el cambio tecnológico, sin embargo, requiere del acompañamiento de otros incentivos económicos y regulatorios, tal es el caso de regulaciones de emisiones locales que mejoren la calidad del aire, restricciones de circulación en zonas de baja emisión, o incentivos económicos a la compra de vehículos eléctricos o híbridos.

La reducción de carbono tiene efectividad cuando la generación de la energía es limpia y de preferencia renovable. Algunas economías permiten la producción y comercialización de energías entre privados, esto genera una gran oportunidad para incentivar la producción y consumo de energías renovables en sistemas de transporte público, pudiendo establecer incentivos para el consumo mínimo de este tipo fuentes.

La implementación de flotas bajas en carbono tiene una de sus principales barreras en la capacidad instalada en la planeación y toma de decisiones en las ciudades. Por lo cual es necesario invertir en la generación de capacidad

³ No considera CO₂ equivalentes.

humana, así como la formalización de instituciones que puedan planear los sistemas de transporte más allá de la perspectiva de operación, incluyendo por igual as políticas públicas necesarias, tal es el caso de las ambientales.

Regularmente los gobiernos locales son los responsables de los sistemas de movilidad, mientras que los nacionales de la política ambiental en materia de emisiones de gases de efecto invernadero. Esto genera una falla debido a que los incentivos y planes por lo regular no están alineados. El gobierno nacional debe buscar la generación de incentivos para que los gobiernos locales promuevan la adopción de tecnologías bajas en carbono. Regularmente los gobiernos nacionales establecen planes en la materia, incentivan y regulan la industria y ofrecen incentivos económicos directos a las ciudades que promuevan el cambio tecnológico

Recomendaciones de política pública

Cada país, incluso la región debe impulsar diversas políticas públicas para lograr la transformación del transporte público y que deriven en la implementación de tecnologías de bajas emisiones o incluso eléctricas tales como las que se describen a continuación.

Institucionales

- Establecer y generar capacidad en instituciones de transporte público.
- Establecer y generar capacidad para la formación de empresas de transporte público.
- Establecer un programa de información y capacitación en nuevas tecnologías.

Metodología de evaluación

- Incorporar en los métodos de evaluación socioeconómica las externalidades derivadas de gases de efecto invernadero, considerando las equivalencias de CO₂ de todos los GEI producidos.
- Establecer un programa de financiamiento de sistemas de transporte público bajo en emisiones.
- Ajustar los modelos de concesión y/o licitación para incorporar otros actores.

Bonos verdes

- Instrumentación de bonos verdes para proyectos de movilidad sustentable.

3 Antecedentes

La comunidad internacional a través del Acuerdo de París se comprometió a trabajar por mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2°C y en este contexto, los países presentaron a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático sus metas de reducción de emisiones de GEI mediante sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDCs, por su sigla en inglés). Los países de América Latina y el Caribe se han unido a este compromiso y, por lo tanto, al igual que los países del resto del mundo requieren avanzar hacia un cambio estructural con patrones de producción y de consumo que sean más sostenibles y compatibles con la meta climática.

Muchos países para avanzar hacia este objetivo han realizado cambios regulatorios, a la política fiscal y a los incentivos económicos; sin embargo, el actual sistema de valoración de las emisiones no necesariamente toma en cuenta todas las variables relevantes y por lo tanto puede estar sesgado. En este escenario, resulta fundamental poder contar con un estudio en el que se presenten los resultados de simulaciones con distintos precios del carbono para el sector transporte en América Latina y el Caribe. En este contexto, la CEPAL a través del programa de cooperación CEPAL-BMZ/GIZ y de Euroclima+ buscan apoyar a los países de América Latina y el Caribe en la elaboración de materiales técnicos y de diagnóstico como insumo para la toma informada de decisiones.

4 El presente estudio

4.1 Marco conceptual

El sector transporte es uno de los principales contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente por los vehículos que se mueven a nivel de tierra: vehículos ligeros, camiones de carga, transporte público.

El sector de transporte público presenta de los mayores rezagos en la adopción de tecnologías bajas en carbono que contribuyan a la disminución de gases de efecto invernadero. Este sector carece de incentivos regulatorios o económicos suficientes como para impulsar la adopción de tecnologías de nueva generación.

En la actualidad la mayoría del transporte público en Latinoamérica se realiza en autobuses impulsados por diésel, gas natural y en algunos casos gasolinas y eco combustibles. Esto deriva en una situación subóptima con externalidades negativas de contribuciones de gases de efecto invernadero, así como emisiones de contaminantes criterio que empeoran la calidad del aire en las ciudades.

En la actualidad varios países y ciudades han buscado generar incentivos para la adopción de tecnologías de vanguardia que permitan la bajas o cero emisiones en el sector del transporte público.

4.2 Objetivos del estudio

Realizar simulaciones con distintos precios del carbono para el sector transporte en América Latina y el Caribe y determinar cuál sería su impacto sobre el pipeline de la cartera de proyectos de inversión en este sector. Con este estudio también se pretende incentivar la generación de propuestas de políticas públicas frente al cambio climático que permitan contribuir al cumplimiento de las metas planteadas en sus NDCs.

4.3 Alcance del estudio

El presente estudio realizará simulaciones con distintos precios del carbono para el sector transporte en América Latina y el Caribe y determinar cuál sería su impacto sobre la composición de la cartera de proyectos de inversión del sector, con el propósito de identificar el impacto de determinación de un precio social al carbono en la reducción de emisiones del sector, en el marco de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas para la región, y posibles recomendaciones de política pública para acelerar la migración hacia esquemas de movilidad más sustentables.

Para cumplir el objetivo planteado y atender el propósito del estudio se proponen tareas específicas, así también, se describe cómo se desarrollará cada una y cómo se vinculará con el propósito general del estudio para concluir con recomendaciones puntuales y estratégicas que, tomando en cuenta el estado actual del sector en la región, logren viabilizar la migración tecnológica del sector del transporte y contribuir de manera eficiente con las Metas Nacionalmente Determinadas.

- ✓ Analizar, a través de la comparación de escenarios de precio social del carbono, la reducción potencial de emisiones en el sector transporte público, considerando distintos tipos de tecnología, para la reducción de las emisiones;
- ✓ Documentar y analizar distintas opciones de precio social del carbono para ser aplicado en los proyectos de inversión en el sector transporte;
- ✓ Presentar recomendaciones de política pública respecto al papel que el precio social del carbono puede tener en el cumplimiento de las metas planteadas en las NDCs, principalmente el aporte del sector transporte.

5 Sistemas de transporte público

5.1 Sistemas de transporte

En la actualidad existen una gran variedad de sistemas de transporte público que pueden cumplir con las funciones deseadas de movilidad sustentable en las ciudades. En las discusiones de elección de tecnologías y modos de transporte es común sobre simplificar la solución a elegir, tal es el caso de las constantes discusiones de sistemas férreos contra sistemas de autobuses de alta capacidad.

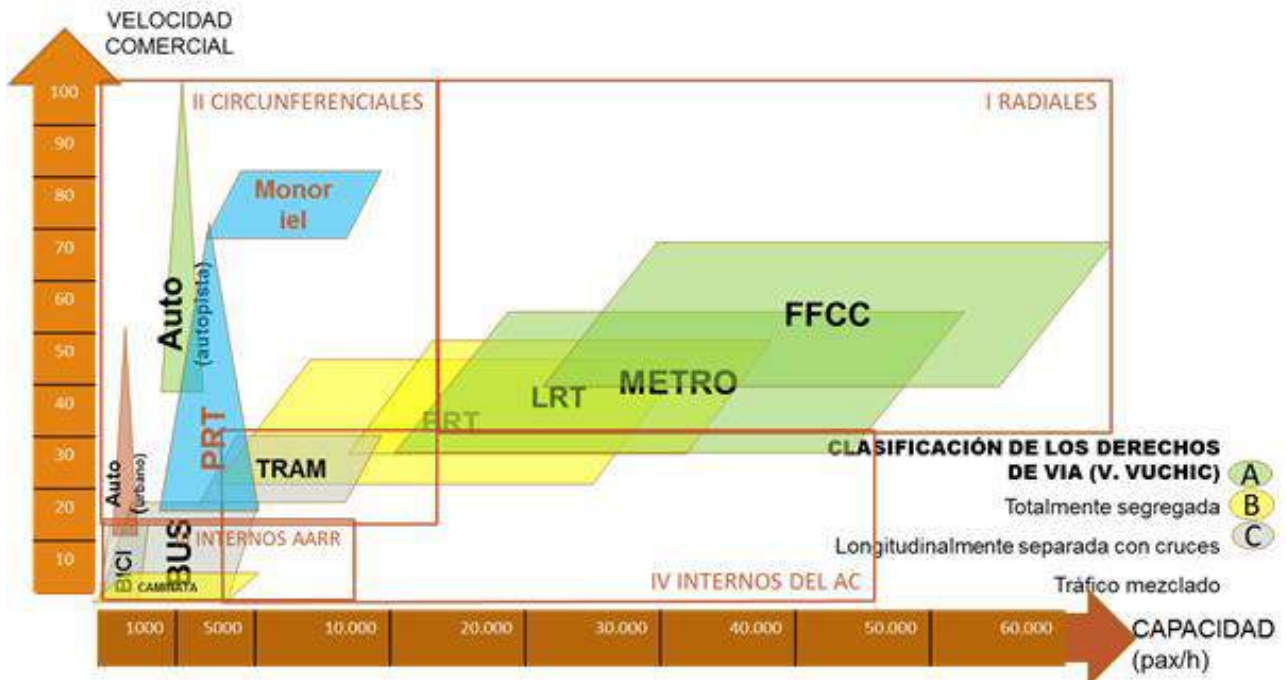


Ilustración 1 Capacidad vs velocidad en diversos sistemas de transporte⁴. Fuente: ppt: Gabriela Lucchini cuenta sobre el desarrollo del transporte urbano en la Ciudad⁵ de Buenos Aires 3/12/14

Al elegir un sistema de transporte deben considerarse una serie de preguntas, sin ser exhaustivos ni listadas en orden:

- Demanda actual y proyectada
- Zona urbana/suburbana
- Requerimiento de paradas/estaciones cada determinada distancia
- Condiciones de movilidad deseadas: velocidad, tiempo de viaje, transbordos, personas principalmente sentadas, etc.
- Estándares de diseño deseados: accesibilidad, seguridad vial, tecnología de pago, información al usuario, control y operación, etc.
- Políticas públicas a cumplir: ambientales, de salud, de inclusión social, género, desarrollo económico, etc.
- Limitaciones: disponibilidad de derecho de vía, combustible disponible, terrenos para talleres y patios de encierro, presupuesto, etc.

Cada elemento mencionado corresponde a las necesidades de los clientes, así como de la ciudad, pero sobretodo de las limitaciones y parámetros de diseño que pueden tenerse en determinada ciudad, ya sean presupuestales, geográficas o tecnológicas.

Es natural que algunas soluciones puedan prestar los mismos servicios y respuestas de transporte público para un rango de necesidades, sin embargo, al considerar las limitaciones, sobretodo económicas y financieras, las opciones se acotan.

⁴ Importante considerar que nos están incluidas las soluciones de cables.

⁵ <http://glucchini.blogspot.com/2015/11/gabriela-lucchini-cuenta-sobre-el.html>

Por lo anterior, en condiciones de análisis socioeconómico sólo se comparan opciones que solucionan la necesidad de movilidad y que son congruentes antes las exigencias (e.g. no se compara un sistema de tren contra un sistema de bicis). Así también, es recomendable comparar soluciones en rangos adecuados de sus características y no en sus límites de prestación de servicios (capacidad esencialmente), aún cuando estos puedan cumplir lo requerido.

5.2 Caracterización del estudio

La mayor parte de los sistemas de transporte público en Latinoamérica se realizan en autobuses. Tan solo en las principales 25 zonas metropolitanas de la región se calcula más de 200,000 unidades prestan servicio (conforme a los datos del observatorio de movilidad urbana de la CAF), por lo cual puede estimarse una flota superior al medio millón de unidades de transporte público en la región, siendo entonces el modo de transporte de mayor representatividad.

	Omnibus - Flota (nº)
	Transporte colectivo
Cd. de México (2007)	54,957
São Paulo (2007)	20,750
R. de Janeiro (2007)	16,098
Buenos Aires (2007)	16,081
Bogotá (2007)	15,604
Lima (2007)	12,327
Caracas (2007)	11,761
B. Horizonte (2007)	6,814
Santiago (2007)	6,475
Porto Alegre (2007)	5,413
Guadalajara (2007)	4,607
Salvador (2007)	3,669
S. C. Sierra (2011)	3,564
Quito (2009)	3,314
Recife (2007)	3,229
Panamá (2010)	3,062
Curitiba (2007)	2,800
Brasilia (2007)	2,742
Manaus (2010)	2,536
Montevideo (2009)	1,987
León (2007)	1,788
San José (2007)	1,197
Florianópolis (2010)	993
Pereira (2009)	824
Rosario (2008)	714

Tabla 1 Flota de autobuses en las principales 25 zonas metropolitanas de LATAM. Fuente: OMU CAF

Con excepción de las ciudades que han establecido transformaciones relevantes en los sistemas de transporte público, como es el caso de las ciudades brasileñas, chilenas y algunas en Colombia, la mayor parte de la región aún se encuentra en necesidad de formalización de los sistemas de transporte además que, en su totalidad, la región tiene el reto de buscar sistemas de menores emisiones contaminantes o incluso migrar a sistemas de vanguardia con cero emisiones.

Por lo anterior el presente estudio se focaliza principalmente en las opciones de transporte público basados en autobuses, en donde la oportunidad de cambio es mayúscula y actualmente se encuentran constantemente en

evaluación de proyectos de inversión. Tal es el caso de los proyectos de BRT que han tenido relevancia en los más recientes años en la región, llegando a tener más de 20 millones de pasajeros al día en 53 ciudades.

Países	Pasajeros por Día	Números de Ciudades	Longitud (km)
Argentina	1,717,000	3	76
Brazil	10,681,654	21	765
Chile	476,800	2	105
Colombia	3,071,541	7	225
Ecuador	1,055,000	2	117
El Salvador	27,000	1	6
Guatemala	210,000	1	24
México	2,652,204	11	394
Peru	350,000	1	26
Uruguay	25,000	1	6
Venezuela	240,778	3	42
TOTALES	20,506,977	53	1786

Tabla 2 Numeralia de BRTs en operación en LATAM. Fuente: BRTdata.org

6 Herramienta de evaluación socioeconómica.

Para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero el presente estudio se enfoca en los proyectos de transporte público como principal medio de movilidad en LATAM, consecutivamente se requiere evaluar la factibilidad de implementar sistemas de transporte público bajo en emisiones o con tendencia a cero emisiones. Dicha evaluación se estimará mediante el costo comparativo de implementar flotas de autobuses de diferentes tecnologías, para lo cual se propone la siguiente herramienta.

El objetivo principal de la herramienta es evaluar alternativas de proyectos de inversión de autobuses de transporte público de pasajeros que cuentan con diferentes tecnologías para promover la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo cual el resultado principal de la herramienta reside en el costo de inversión asociado a cada tecnología.

6.1 Restricciones y limitaciones.

La herramienta de simulación de precios sociales de carbono sobre proyectos de transporte público se acota dentro de los siguientes parámetros:

- Evalúa solo proyectos comparables en condiciones del servicio a prestar, es decir, no compara proyectos que no ofrezcan la solución requerida como demanda, velocidad, ruta, etc.
- La herramienta evalúa proyectos que tienen los mismos beneficios generales como: tiempo de viaje, personas transportadas, externalidades positivas de incidentes viales, por lo cual no realiza la comparación de beneficios iguales. Las principales variantes residen en los costos asociados a la implementación de diferentes tecnologías que permiten la reducción de emisiones contaminantes.

- Evalúa proyectos de autobuses⁶. La mayor parte de transporte público en Latinoamérica se encuentra en este tipo servicio, por lo cual los parámetros de evaluación establecidos fueron desarrollados acorde a los costos y prestaciones que un proyecto de autobuses requiere.
- La herramienta es una evaluación de costos⁷ socioeconómicos representados en valor presente neto (VPN) y convertidos a costos anuales equivalentes (CAE) que permiten una evaluación comparativa de proyectos con diferentes ciclos de vida.
- El ejercicio realizado fue hecho con una flota de 100 autobuses⁸ y con condiciones normales de operación en un año.
- Todos los costos están representados en dólares americanos

La herramienta puede ser adaptada para evaluar proyectos diferentes a autobuses, teniendo cuidado en considerar todos los elementos que sean comparables, así como sustraer o adicionar costos/beneficios que no se presentan en un sistema de autobuses, e.g. el servicio de balanceo de estaciones de bicicletas públicas que se requiere hacer por las noches o los beneficios asociados a la reducción de incidentes viales considerando un sistema de trenes totalmente segregado.

6.2 Descripción de la herramienta

La herramienta ofrece una evaluación socioeconómica⁹ y financiera que compara los costos totales de proyectos de transporte público de autobuses bajos en carbono. Considera la información base de 7 tipos de autobuses de 12 metros de tecnologías diésel (EURO IV, V y VI), GNC, híbrida (EURO VI), Eléctrica de baterías, Eléctrica de carga de oportunidad (OppCharge¹⁰).

La herramienta se estructura en los siguientes 3 elementos:

- I. Cuenta con información precargada del proyecto:
 - Tipo de combustible, tamaño, kilómetros de operación al día, días de operación al año, velocidad promedio, pasajeros máximos por unidad, tamaño de flota, reserva mínima, vida útil,
 - Costo por autobús, valor residual, tasa de interés, tasa de descuento, pago upfront¹¹, años de financiamiento.
 - Costos de combustibles (diésel, gas natural y energía), rendimientos por tipo de unidad.
 - Costos de salarios de operadores, número de operadores por unidad
 - Costos de seguros
 - Costos de mantenimiento (menor) por mano de obra y piezas
 - Costo de mantenimiento mayor (overhaul), periodicidad
 - Infraestructura por tipo de unidad

⁶ La herramienta puede tener una adaptación a otro tipo de modos de transporte

⁷ Al considerar proyectos con mismos beneficios no son considerados en la herramienta

⁸ La herramienta puede utilizarse para cualquier tamaño de flota, sin embargo es recomendable tener cuidado con los parámetros de costos que representan las economías a escala.

⁹ Dado que incluye el costo ambiental a través del precio social del carbono.

¹⁰ E.g.: autobús volvo de carga de oportunidad, <https://www.volvobuses.mx/es-mx/news/2017/may/volvo-buses-en-uitp.html>

¹¹ Pago que se realiza al inicio de un financiamiento

-
- Factores de emisión ambientales
- II. Realiza cálculos de valores presentes netos (VPN) sobre los costos de los siguientes rubros:
- Costo de unidades (flota). Considera el valor promedio de mercado en USD para cada tipo de unidad.
 - Costo de combustibles. Considera el valor del combustible a utilizar por cada tecnología conforme al rendimiento
 - Costo de salarios. Representa el costo de los operadores de transporte dado el grado de profesionalización requerido.
 - Seguros. Representa el costo de aseguramiento de la flota.
 - Mantenimiento. Calcula el costo de mantenimiento rutinario de cada unidad, considerando mano de obra y piezas de repuesto.
 - Overhaul. Calcula el costo de mantenimiento mayor dependiendo la periodicidad de cada tecnología.
 - Infraestructura. Considera los costos asociados a la tecnología específica como estaciones de servicio, recarga de energía o compresoras de combustible.
 - Ambientales. Considera el costo anual de las emisiones CO₂¹² derivadas de cada tecnología.
- III. Realiza la evaluación socioeconómica de proyectos. Cada concepto descrito anteriormente es expresado en valor presente neto (VPN) y calcula el costo anual equivalente (CAE) total y desglosado para cada concepto.

¹² No considera CO₂ equivalente de otros gases de efecto invernadero

6.3 Escenarios de evaluación de PSC

Se realizaron escenarios con diversos precios de toneladas de carbono para evaluar los cambios en los costos anuales equivalentes de las diferentes alternativas de flotas de autobuses. Los escenarios evaluados son \$5, \$10, \$20, \$30 y \$50 dólares por tonelada de carbono.

Datos básicos de inicio¹³:

- Flota de 100 autobuses 12 metros para 90 pasajeros
- Costo de litro de Diésel \$1.1 dólares
- Costo de litro de GNC \$0.4 dólares
- Costo de Kwh \$0.07 dólares

Para todos los escenarios de diferentes precios sociales de carbono, las emisiones contaminantes se mantienen constantes, tal como aparecen en las siguientes gráficas. Valores anuales.

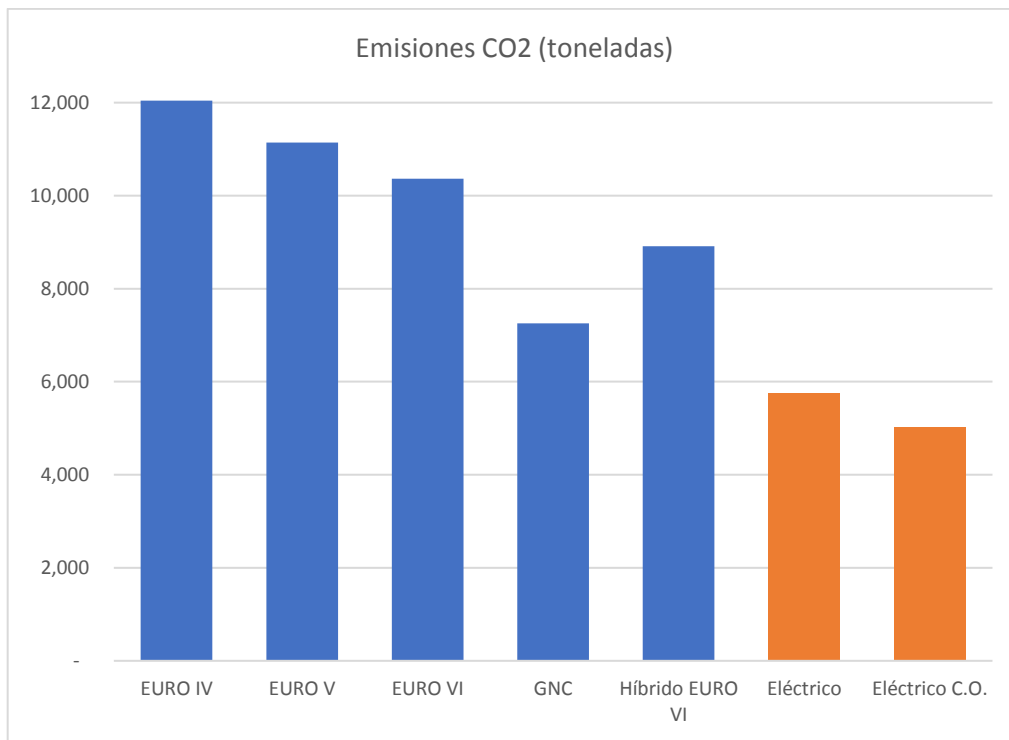


Gráfico 1 Emisiones CO2, toneladas anuales.

Los valores correspondientes a los autobuses eléctricos corresponden a la matriz energética de cada país. Aún cuando los autobuses eléctricos no producen contaminantes en la zona de operación, es importante representar los GEI que se generan dependiendo la matriz energética de donde se alimentan. Para el caso representado se utilizó como ejemplo la matriz energética del caso mexicano correspondiente a 0.527 t CO2/MWh

¹³ Los datos de inicio son referencias que pueden ser actualizadas en la herramienta.

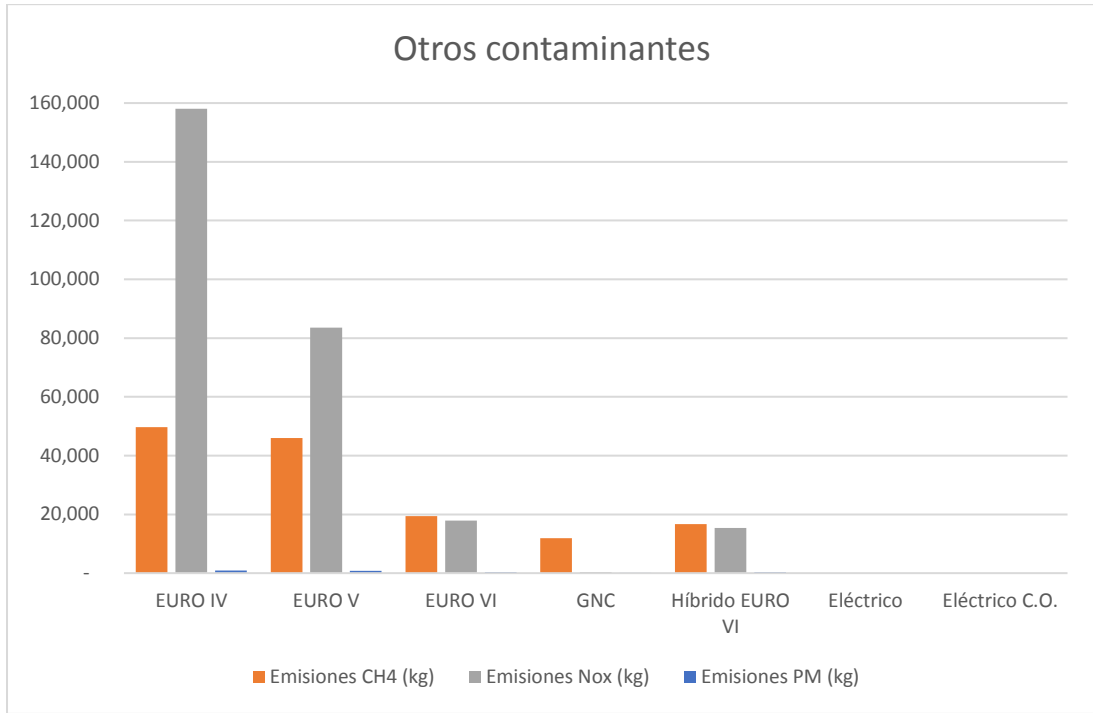


Gráfico 2 Contaminantes criterio, anuales.

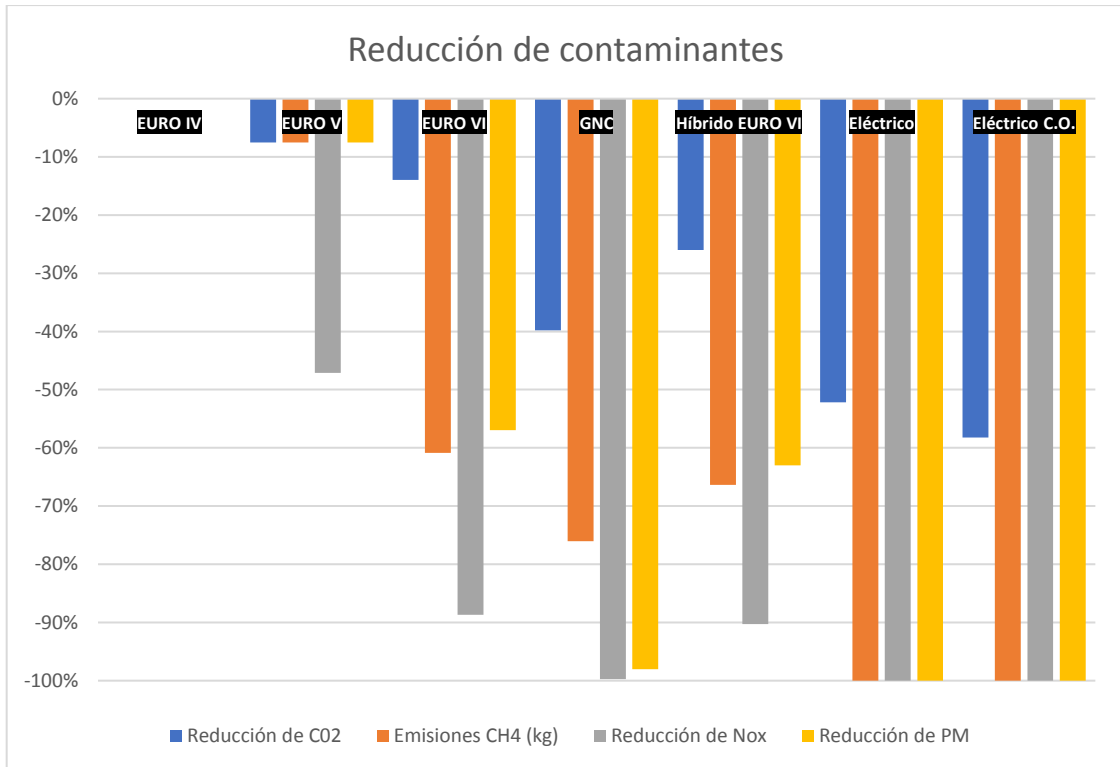


Gráfico 3 Reducción porcentual de contaminantes respecto a la tecnología base

A continuación, se presentan los escenarios económicos de VPN y CAE correspondiente a cada PSC.

6.3.1 Precio social de tonelada de carbono \$5 USD

Valores presentes	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
1. VPN pago upfront USD	\$2,860,000	\$3,080,000	\$3,520,000	\$4,070,000	\$6,600,000	\$9,324,000	\$9,900,000
1. VPN Valor residual USD	\$882,123	\$949,979	\$1,085,690	\$1,255,329	\$1,997,815	\$1,897,278	\$2,014,484
1. VPN Financiamiento USD	\$12,076,838	\$13,005,826	\$14,863,801	\$17,186,270	\$28,306,159	\$39,988,882	\$42,459,238
2. VPN Combustible	\$34,433,755	\$31,851,224	\$29,629,045	\$16,471,221	\$28,255,780	\$6,637,805	\$5,794,909
3. VPN Salarios	\$17,953,657	\$17,953,657	\$17,953,657	\$17,953,657	\$22,836,514	\$32,786,956	\$25,492,251
4. VPN Seguros	\$1,278,925	\$1,377,304	\$1,574,062	\$1,820,009	\$3,272,761	\$5,161,204	\$5,480,042
5. VPN Mantenimiento	\$16,189,390	\$16,189,390	\$16,189,390	\$16,939,223	\$18,338,830	\$19,538,215	\$16,625,764
6. VPN Overhaul	\$3,810,941	\$3,810,941	\$3,810,941	\$4,093,178	\$4,093,178	\$5,775,978	\$2,502,388
7. VPN Infraestructura	\$1,450,000	\$1,450,000	\$1,450,000	\$2,080,000	\$1,450,000	\$3,030,000	\$2,825,000
8. VPN Ambientales (PS Carbono)	\$407,052	\$376,523	\$350,254	\$245,104	\$334,020	\$240,968	\$210,369
Valor presente neto USD	-\$89,578,436	-\$88,144,886	-\$88,255,461	-\$79,603,332	-\$111,489,427	-\$120,586,731	-\$109,275,477
Costo Anual Equivalente USD	-\$14,578,478	-\$14,345,174	-\$14,363,170	-\$12,955,076	-\$16,362,558	-\$15,853,993	-\$14,366,860
CAE upfront	\$465,452	\$501,256	\$572,864	\$662,374	\$968,638	\$1,225,861	\$1,301,590
CAE Residual	-\$143,561	-\$154,605	-\$176,691	-\$204,299	-\$293,206	-\$249,442	-\$264,852
CAE financiamiento	\$1,965,450	\$2,116,638	\$2,419,015	\$2,796,986	\$4,154,306	\$5,257,489	\$5,582,276
CAE combustible	\$5,603,935	\$5,183,640	\$4,821,991	\$2,680,615	\$4,146,912	\$872,697	\$761,879
CAE Salarios	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$3,351,563	\$4,310,625	\$3,351,563
CAE Seguros	\$208,139	\$224,150	\$256,171	\$296,198	\$480,321	\$678,563	\$720,482
CAE Mtto	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,756,780	\$2,691,467	\$2,568,763	\$2,185,852
CAE Overhaul	\$620,213	\$620,213	\$620,213	\$666,146	\$600,728	\$759,390	\$328,998
CAE Infraestructura	\$235,981	\$235,981	\$235,981	\$338,510	\$212,807	\$398,366	\$371,413
CAE Ambientales	\$66,246	\$61,277	\$57,002	\$39,890	\$49,022	\$31,681	\$27,658

Tabla 3 VPN y CAE de PSC a 5 USD

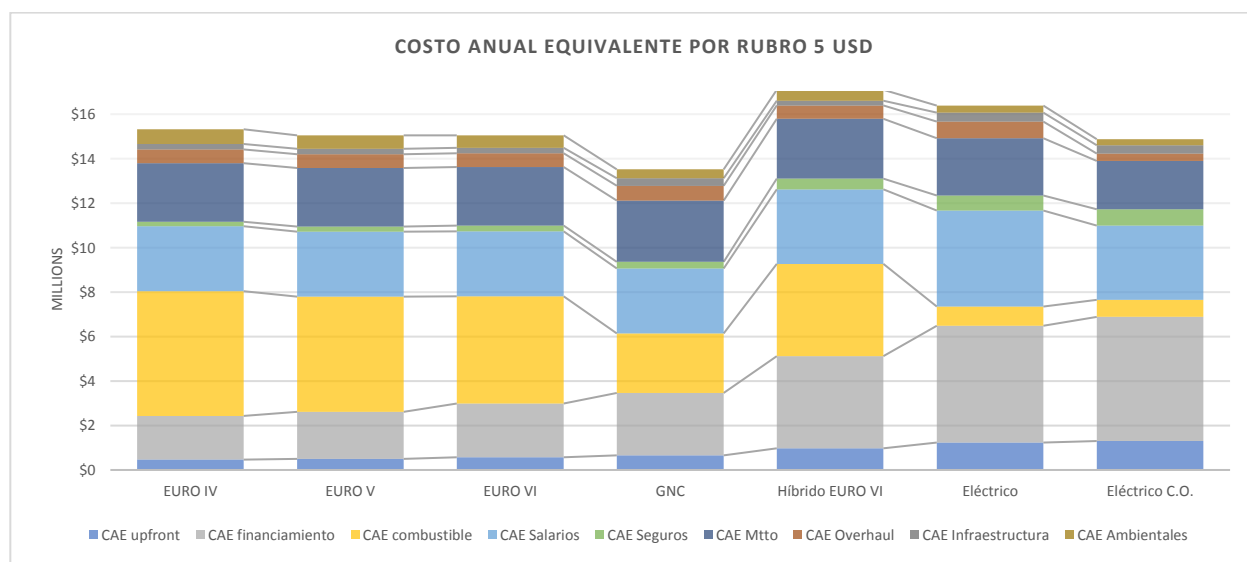


Gráfico 4 CAE PSC a 5USD

	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
CAE upfront	3%	3%	4%	5%	6%	8%	9%
CAE Residual (N/A)							
CAE financiamiento	13%	15%	17%	21%	25%	33%	38%
CAE combustible	38%	36%	33%	20%	25%	5%	5%
CAE Salarios	20%	20%	20%	22%	20%	17%	23%
CAE Seguros	1%	2%	2%	2%	3%	4%	5%
CAE Mtto	18%	18%	18%	21%	16%	16%	15%
CAE Overhaul	4%	4%	4%	5%	4%	5%	2%
CAE Infraestructura	2%	2%	2%	3%	1%	2%	3%
CAE Ambientales	0.45%	0.42%	0.39%	0.30%	0.29%	0.20%	0.19%

Tabla 4 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 5 USD

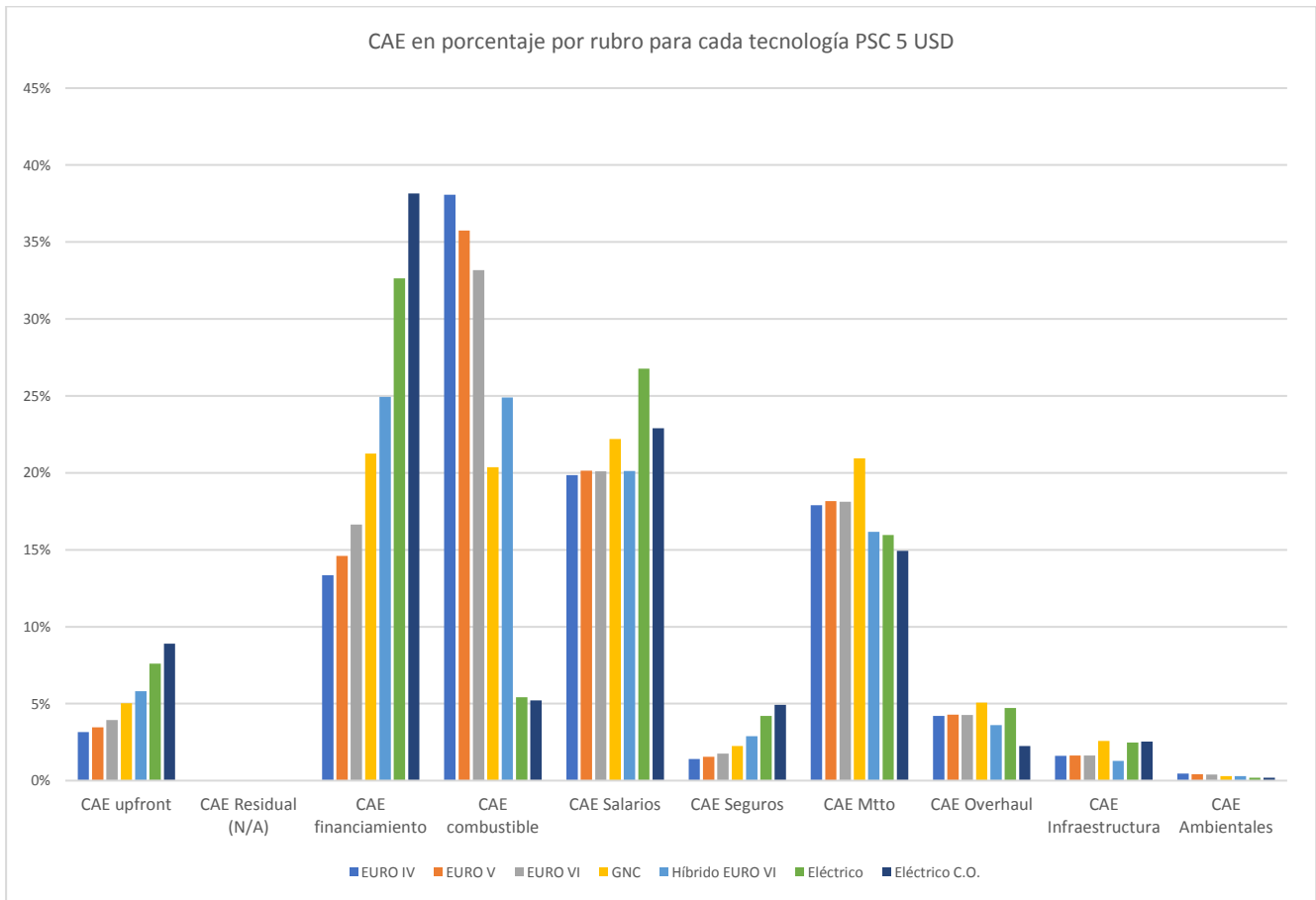


Gráfico 5 CAE en porcentaje por rubro, PSC 5USD

6.3.2 Precio social de tonelada de carbono \$10 USD

Valores presentes	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
8. VPN Ambientales (PS Carbono)	\$814,104	\$753,046	\$700,508	\$490,207	\$668,040	\$481,936	\$420,738
Valor presente neto USD	-\$89,985,488	-\$88,521,409	-\$88,605,714	-\$79,848,436	-\$111,823,447	-\$120,827,699	-\$109,485,846
Costo Anual Equivalente USD	-\$14,644,724	-\$14,406,452	-\$14,420,172	-\$12,994,965	-\$16,411,580	-\$15,885,674	-\$14,394,518

CAE upfront	\$465,452	\$501,256	\$572,864	\$662,374	\$968,638	\$1,225,861	\$1,301,590
CAE Residual	-\$143,561	-\$154,605	-\$176,691	-\$204,299	-\$293,206	-\$249,442	-\$264,852
CAE financiamiento	\$1,965,450	\$2,116,638	\$2,419,015	\$2,796,986	\$4,154,306	\$5,257,489	\$5,582,276
CAE combustible	\$5,603,935	\$5,183,640	\$4,821,991	\$2,680,615	\$4,146,912	\$872,697	\$761,879
CAE Salarios	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$3,351,563	\$4,310,625	\$3,351,563
CAE Seguros	\$208,139	\$224,150	\$256,171	\$296,198	\$480,321	\$678,563	\$720,482
CAE Mtto	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,756,780	\$2,691,467	\$2,568,763	\$2,185,852
CAE Overhaul	\$620,213	\$620,213	\$620,213	\$666,146	\$600,728	\$759,390	\$328,998
CAE Infraestructura	\$235,981	\$235,981	\$235,981	\$338,510	\$212,807	\$398,366	\$371,413
CAE Ambientales	\$132,492	\$122,555	\$114,004	\$79,779	\$98,044	\$63,362	\$55,316

Tabla 5 VPN y CAE de PSC a 10 USD

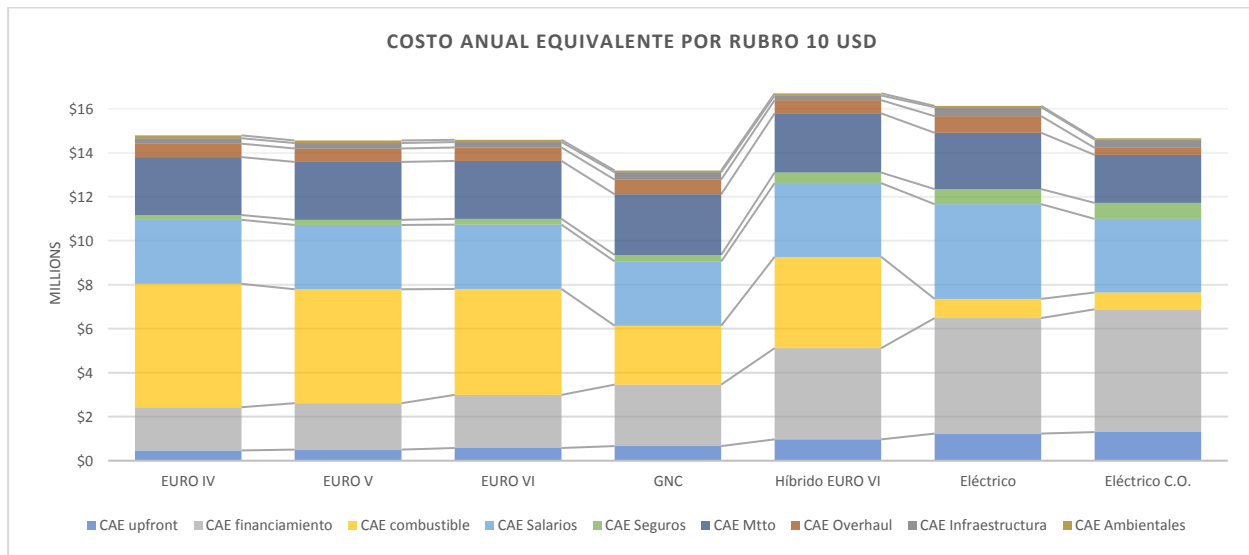


Gráfico 6 CAE PSC a 10USD

	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
CAE upfront	3%	3%	4%	5%	6%	8%	9%
CAE Residual (N/A)							
CAE financiamiento	13%	15%	17%	21%	25%	33%	38%
CAE combustible	38%	36%	33%	20%	25%	5%	5%
CAE Salarios	20%	20%	20%	22%	20%	17%	23%
CAE Seguros	1%	2%	2%	2%	3%	4%	5%
CAE Mtto	18%	18%	18%	21%	16%	16%	15%
CAE Overhaul	4%	4%	4%	5%	4%	5%	2%
CAE Infraestructura	2%	2%	2%	3%	1%	2%	3%
CAE Ambientales	0.90%	0.84%	0.78%	0.60%	0.59%	0.39%	0.38%

Tabla 6 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 10 USD

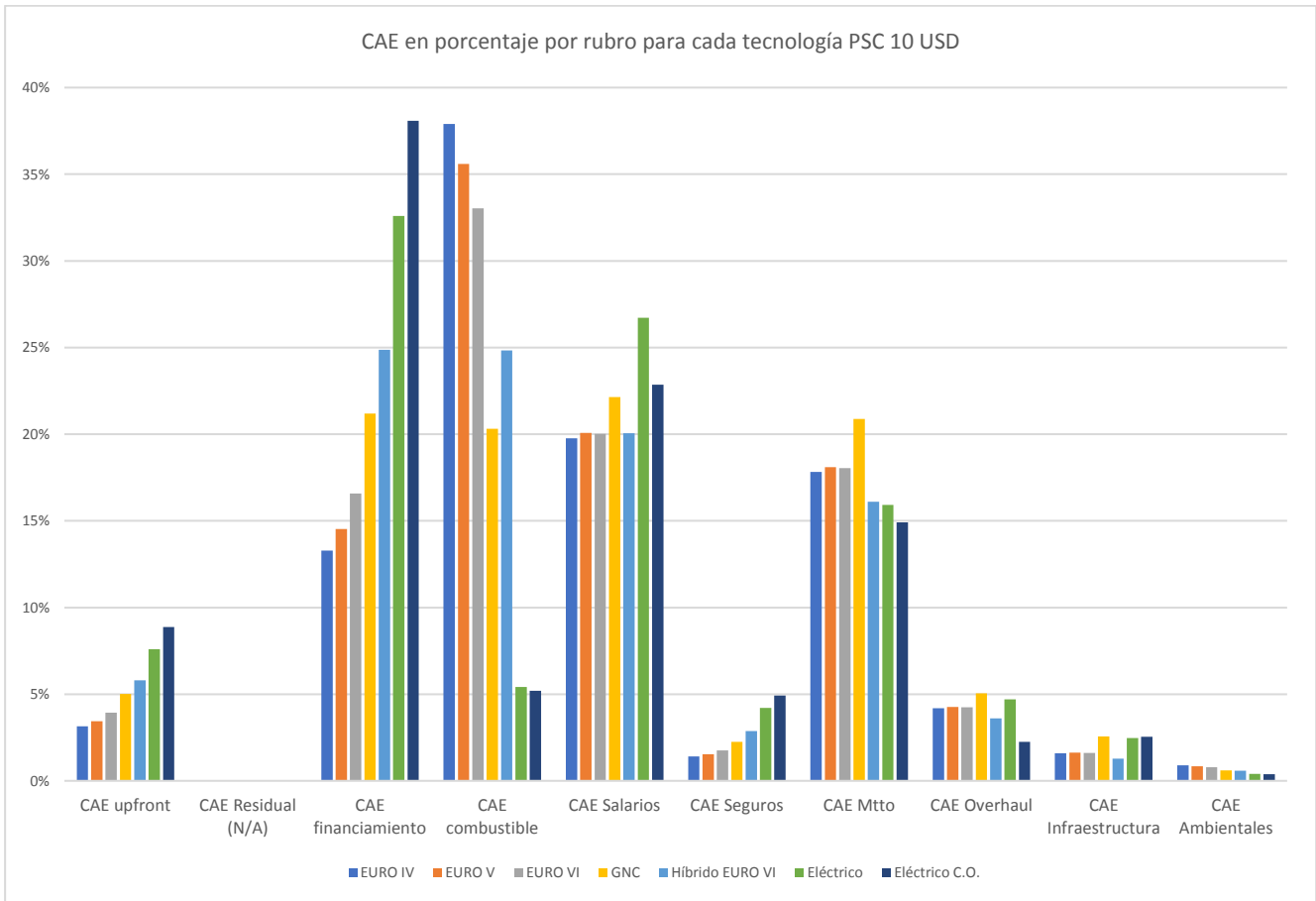


Gráfico 7 CAE en porcentaje por rubro, PSC 10USD

6.3.3 Precio social de tonelada de carbono \$20 USD

Valores presentes	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
8. VPN Ambientales (PS Carbono)	\$1,628,207	\$1,506,092	\$1,401,016	\$980,415	\$1,336,080	\$963,871	\$841,475
Valor presente neto USD	-\$90,799,592	-\$89,274,455	-\$89,306,222	-\$80,338,644	-\$112,491,487	-\$121,309,634	-\$109,906,584
Costo Anual Equivalente USD	-\$14,777,215	-\$14,529,006	-\$14,534,176	-\$13,074,744	-\$16,509,624	-\$15,949,036	-\$14,449,834

CAE upfront	\$465,452	\$501,256	\$572,864	\$662,374	\$968,638	\$1,225,861	\$1,301,590
CAE Residual	-\$143,561	-\$154,605	-\$176,691	-\$204,299	-\$293,206	-\$249,442	-\$264,852
CAE financiamiento	\$1,965,450	\$2,116,638	\$2,419,015	\$2,796,986	\$4,154,306	\$5,257,489	\$5,582,276
CAE combustible	\$5,603,935	\$5,183,640	\$4,821,991	\$2,680,615	\$4,146,912	\$872,697	\$761,879
CAE Salarios	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$3,351,563	\$4,310,625	\$3,351,563
CAE Seguros	\$208,139	\$224,150	\$256,171	\$296,198	\$480,321	\$678,563	\$720,482
CAE Mtto	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,756,780	\$2,691,467	\$2,568,763	\$2,185,852
CAE Overhaul	\$620,213	\$620,213	\$620,213	\$666,146	\$600,728	\$759,390	\$328,998
CAE Infraestructura	\$235,981	\$235,981	\$235,981	\$338,510	\$212,807	\$398,366	\$371,413
CAE Ambientales	\$264,983	\$245,109	\$228,009	\$159,558	\$196,088	\$126,724	\$110,632

Tabla 7 VPN y CAE de PSC a 20 USD

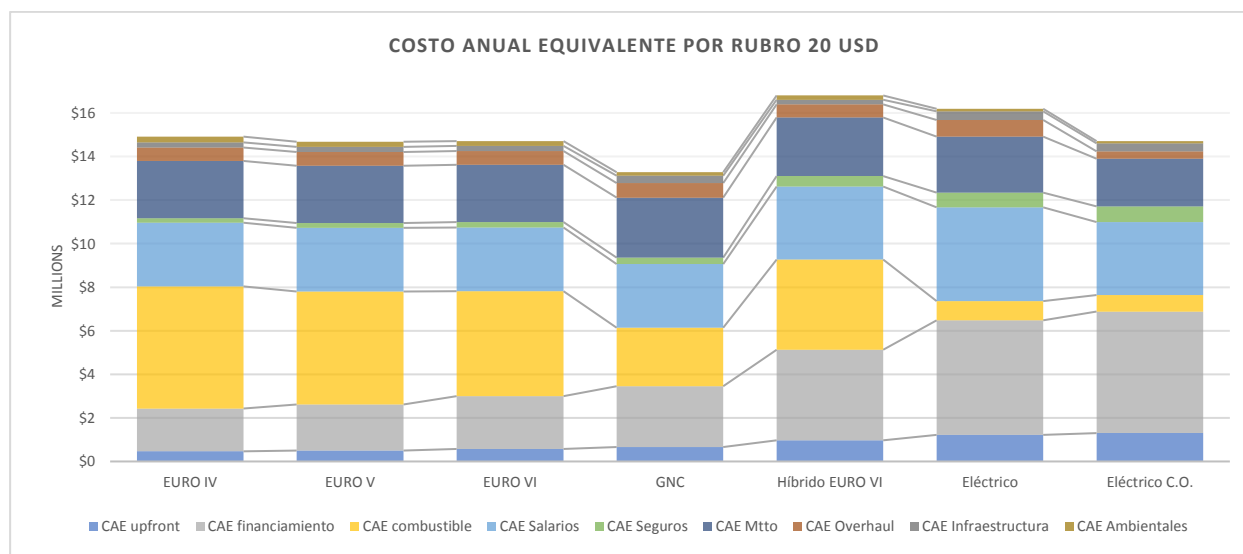


Gráfico 8 CAE PSC a 20USD

	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
CAE upfront	3%	3%	4%	5%	6%	8%	9%
CAE Residual (N/A)							
CAE financiamiento	13%	14%	16%	21%	25%	32%	38%
CAE combustible	38%	35%	33%	20%	25%	5%	5%
CAE Salarios	20%	20%	20%	22%	20%	17%	23%
CAE Seguros	1%	2%	2%	2%	3%	4%	5%
CAE Mtto	18%	18%	18%	21%	16%	16%	15%
CAE Overhaul	4%	4%	4%	5%	4%	5%	2%
CAE Infraestructura	2%	2%	2%	3%	1%	2%	3%
CAE Ambientales	1.78%	1.67%	1.55%	1.20%	1.17%	0.78%	0.75%

Tabla 8 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 20 USD

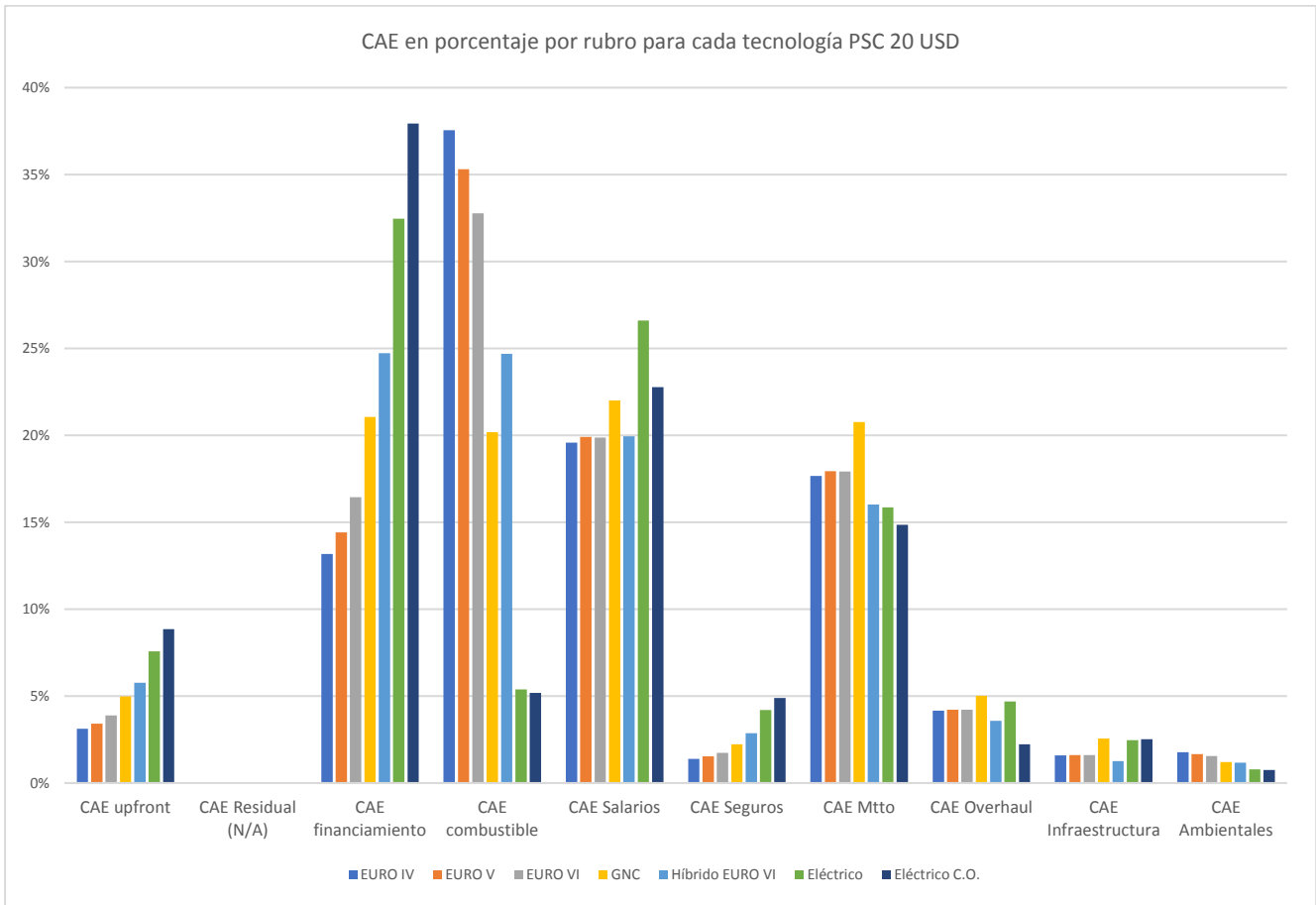


Gráfico 9 CAE en porcentaje por rubro, PSC 20USD

6.3.4 Precio social de tonelada de carbono \$30 USD

Valores presentes	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
8. VPN Ambientales (PS Carbono)	\$2,442,311	\$2,259,138	\$2,101,523	\$1,470,622	\$2,004,121	\$1,445,807	\$1,262,213
Valor presente neto USD	-\$91,613,695	-\$90,027,501	-\$90,006,730	-\$80,828,851	-\$113,159,527	-\$121,791,570	-\$110,327,321
Costo Anual Equivalente USD	-\$14,909,707	-\$14,651,561	-\$14,648,181	-\$13,154,523	-\$16,607,667	-\$16,012,398	-\$14,505,150
CAE upfront	\$465,452	\$501,256	\$572,864	\$662,374	\$968,638	\$1,225,861	\$1,301,590
CAE Residual	-\$143,561	-\$154,605	-\$176,691	-\$204,299	-\$293,206	-\$249,442	-\$264,852
CAE financiamiento	\$1,965,450	\$2,116,638	\$2,419,015	\$2,796,986	\$4,154,306	\$5,257,489	\$5,582,276
CAE combustible	\$5,603,935	\$5,183,640	\$4,821,991	\$2,680,615	\$4,146,912	\$872,697	\$761,879
CAE Salarios	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$3,351,563	\$4,310,625	\$3,351,563
CAE Seguros	\$208,139	\$224,150	\$256,171	\$296,198	\$480,321	\$678,563	\$720,482
CAE Mtto	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,756,780	\$2,691,467	\$2,568,763	\$2,185,852
CAE Overhaul	\$620,213	\$620,213	\$620,213	\$666,146	\$600,728	\$759,390	\$328,998
CAE Infraestructura	\$235,981	\$235,981	\$235,981	\$338,510	\$212,807	\$398,366	\$371,413
CAE Ambientales	\$397,475	\$367,664	\$342,013	\$239,337	\$294,131	\$190,086	\$165,948

Tabla 9 VPN y CAE de PSC a 30 USD

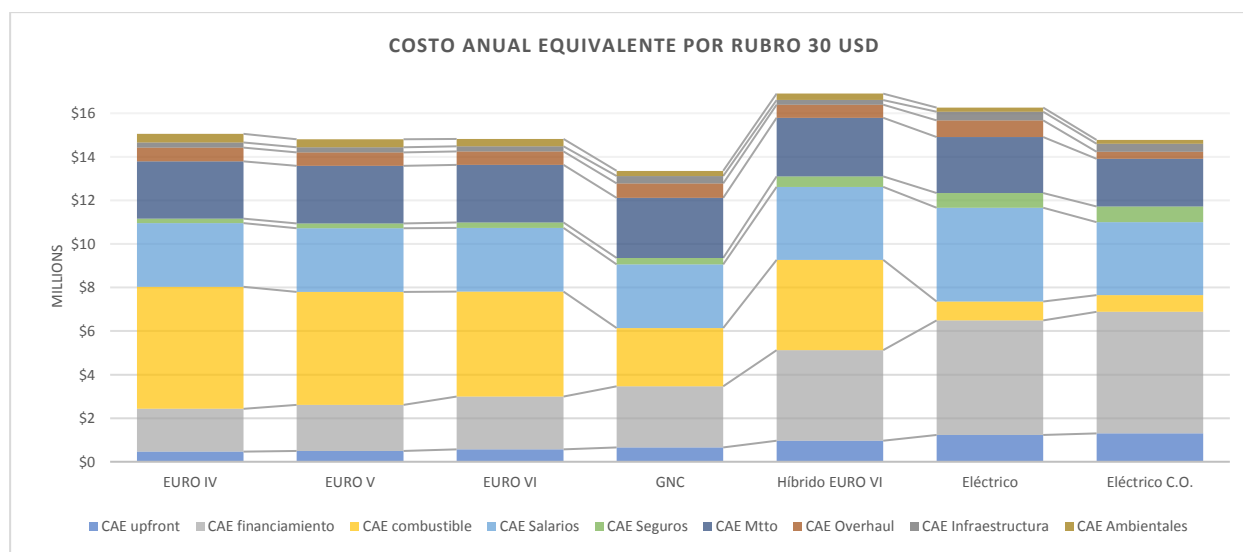


Gráfico 10 CAE PSC a 30USD

	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
CAE upfront	3%	3%	4%	5%	6%	8%	9%
CAE Residual (N/A)							
CAE financiamiento	13%	14%	16%	21%	25%	32%	38%
CAE combustible	37%	35%	33%	20%	25%	5%	5%
CAE Salarios	19%	20%	20%	22%	20%	17%	23%
CAE Seguros	1%	2%	2%	2%	3%	4%	5%
CAE Mtto	18%	18%	18%	21%	16%	16%	15%
CAE Overhaul	4%	4%	4%	5%	4%	5%	2%
CAE Infraestructura	2%	2%	2%	3%	1%	2%	3%
CAE Ambientales	2.64%	2.48%	2.31%	1.79%	1.74%	1.17%	1.12%

Tabla 10 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 30 USD

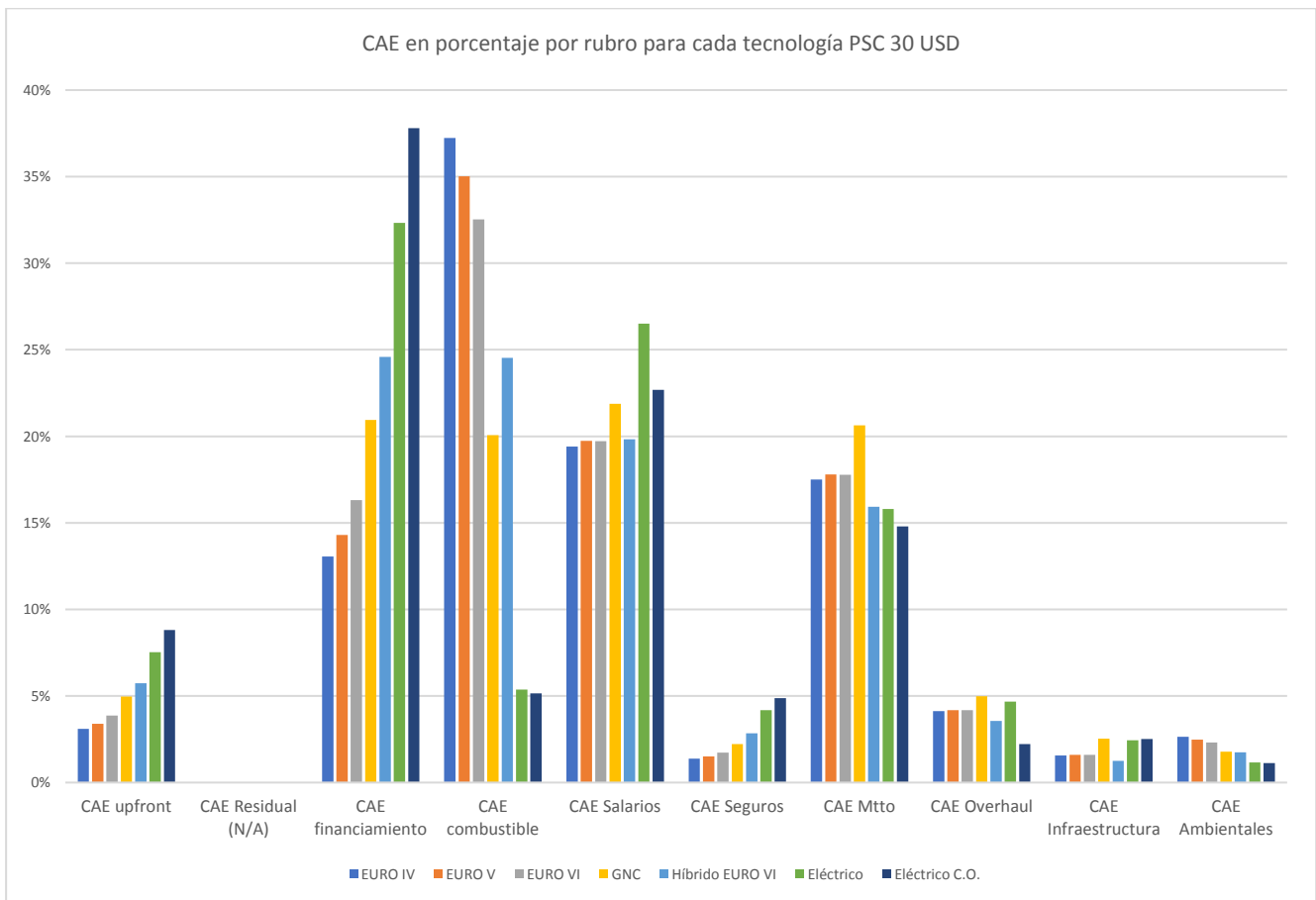


Gráfico 11 CAE en porcentaje por rubro, PSC 30USD

6.3.5 Precio social de tonelada de carbono \$50 USD

Valores presentes	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
8. VPN Ambientales (PS Carbono)	\$4,070,518	\$3,765,229	\$3,502,539	\$2,451,037	\$3,340,201	\$2,409,679	\$2,103,688
Valor presente neto USD	-\$93,241,902	-\$91,533,593	-\$91,407,745	-\$81,809,266	-\$114,495,608	-\$122,755,441	-\$111,168,796
Costo Anual Equivalente USD	-\$15,174,690	-\$14,896,671	-\$14,876,190	-\$13,314,081	-\$16,803,755	-\$16,139,122	-\$14,615,782
CAE upfront	\$465,452	\$501,256	\$572,864	\$662,374	\$968,638	\$1,225,861	\$1,301,590
CAE Residual	-\$143,561	-\$154,605	-\$176,691	-\$204,299	-\$293,206	-\$249,442	-\$264,852
CAE financiamiento	\$1,965,450	\$2,116,638	\$2,419,015	\$2,796,986	\$4,154,306	\$5,257,489	\$5,582,276
CAE combustible	\$5,603,935	\$5,183,640	\$4,821,991	\$2,680,615	\$4,146,912	\$872,697	\$761,879
CAE Salarios	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$2,921,875	\$3,351,563	\$4,310,625	\$3,351,563
CAE Seguros	\$208,139	\$224,150	\$256,171	\$296,198	\$480,321	\$678,563	\$720,482
CAE Mtto	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,634,749	\$2,756,780	\$2,691,467	\$2,568,763	\$2,185,852
CAE Overhaul	\$620,213	\$620,213	\$620,213	\$666,146	\$600,728	\$759,390	\$328,998
CAE Infraestructura	\$235,981	\$235,981	\$235,981	\$338,510	\$212,807	\$398,366	\$371,413
CAE Ambientales	\$662,458	\$612,774	\$570,022	\$398,895	\$490,219	\$316,810	\$276,580

Tabla 11 VPN y CAE de PSC a 50 USD

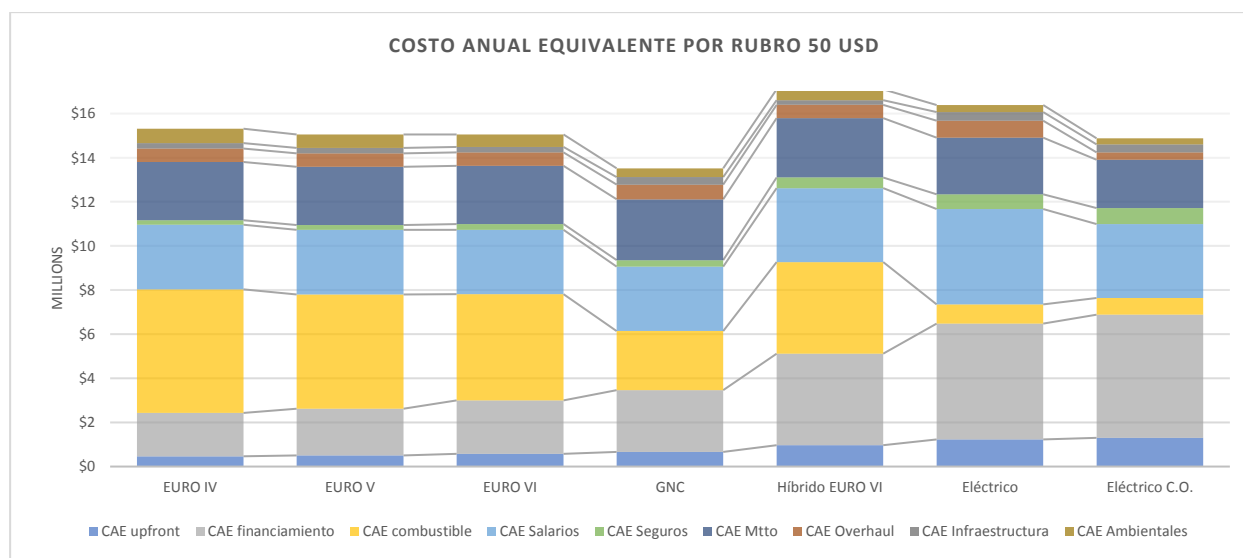


Gráfico 12 CAE PSC a 50USD

	EURO IV	EURO V	EURO VI	GNC	Híbrido EURO VI	Eléctrico	Eléctrico C.O.
CAE upfront	3%	3%	4%	5%	6%	7%	9%
CAE Residual (N/A)							
CAE financiamiento	13%	14%	16%	21%	24%	32%	38%
CAE combustible	37%	34%	32%	20%	24%	5%	5%
CAE Salarios	19%	19%	19%	22%	20%	16%	23%
CAE Seguros	1%	1%	2%	2%	3%	4%	5%
CAE Mtto	17%	18%	18%	20%	16%	16%	15%
CAE Overhaul	4%	4%	4%	5%	4%	5%	2%
CAE Infraestructura	2%	2%	2%	3%	1%	2%	2%
CAE Ambientales	4.32%	4.07%	3.79%	2.95%	2.87%	1.93%	1.86%

Tabla 12 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 50 USD

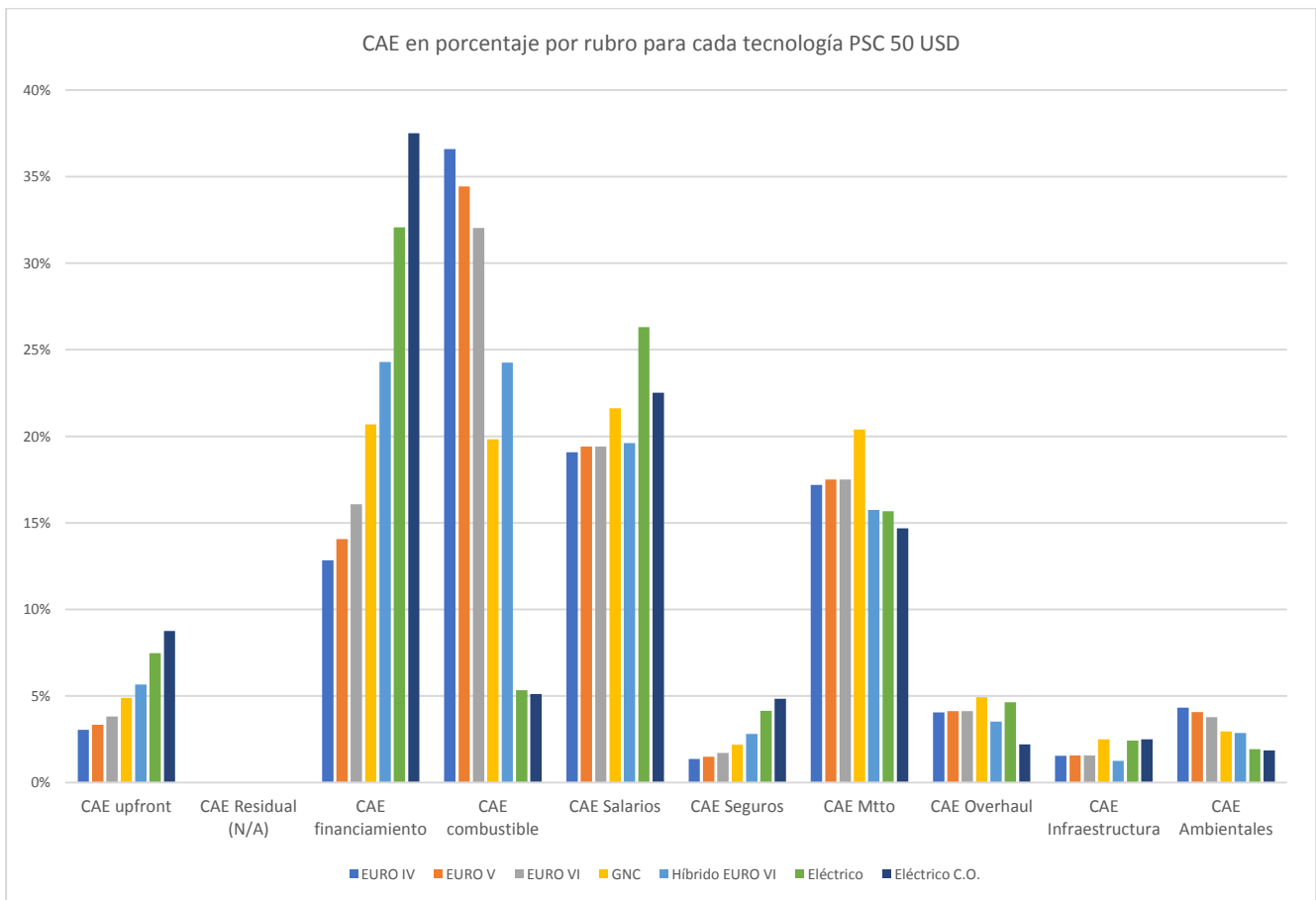


Gráfico 13 CAE en porcentaje por rubro, PSC 50USD

6.4 Análisis de escenarios.

En el apartado anterior se realizaron varios ejercicios de simulación de diferentes precios sociales de carbo dentro de una estructura de evaluación socioeconómica de proyectos, considerando únicamente costos de las diferentes tecnologías.

De las siete tecnologías evaluadas pueden resaltarse las siguientes conclusiones:

- i. La composición de costos de un proyecto de transporte público tiene diversos elementos que representan un porcentaje importante en su estructura. Principalmente los costos de adquisición de las unidades pueden llegar a representar desde un 16% hasta un 50% para autobuses diésel euro IV a eléctricos de baterías respectivamente. Por el contrario, el costo del combustible puede ir desde un 37% hasta un 5% para las mismas tecnologías. En suma, esos dos elementos para cualquiera de los casos representan más de la mitad de la estructura económica. Importante señalar que el costo de adquisición de unidades representa una fuerte carga al inicio del ciclo de proyecto, mientras que el combustible es un costo constante durante la vida útil.
- ii. Como segundo sector de importancia los costos de salarios fluctúan entre el 19% y 26% mientras que el costo de mantenimiento entre 15% y el 20%. Estos costos son importantes en la estructuración de un proyecto de formalización de transporte. En la mayoría de LATAM el sector transporte público no está en condiciones empresariales, por lo que es común que no paguen impuestos, no tengan salarios estables para los operadores con beneficios y las unidades no se les hace el mantenimiento adecuado para conservar la calidad de un autobús. Al establecer un modelo empresarial estos costos representan hasta el 30% del modelo económico¹⁴
- iii. Por los puntos anteriores, aún cuando los costos anuales equivalentes pueden llegar a ser similares entre las diferentes opciones de tecnología, la necesidad de financiamiento es sustancialmente distinta, además que los retornos de inversión (depende de la cuantificación de los beneficios¹⁵) tendrá un aplazamiento en el caso de las tecnologías que requieren mayor inversión inicial.
- iv. Los costos cuantificables de emisiones contaminantes por CO₂¹⁶, representan apenas un 4% para el caso donde la tonelada de carbono se cuantifica en 50USD, en la tecnología de mayor emisión. Este porcentaje es muy bajo en la estructura de costos, lo cual no resulta significativo por sí solo para el cambio de tecnología.
- v. En la estructura de costos no están considerados los contaminantes criterio que afectan a la calidad del aire. En la realidad estos representan un mayor determinante para la adopción de tecnologías de bajas emisiones. La mayoría de las ciudades y países que han decidido adoptar estas tecnologías basan sus decisiones en el fuerte beneficio que recibirán los habitantes por la mejora en la calidad del aire. Hay ciudades como la Ciudad de México que lo ha realizado a través de regulaciones ambientales que restringen la circulación, o casos de tarificación de zonas bajas emisiones para el caso de la ciudad de Londres.

¹⁴ Nota: este modelo no considera costos respecto a la empresarialización, tal como personal administrativo, directivo, legal, etc.

¹⁵ es posible que los proyectos no sean rentables, depende del tipo de proyecto, demanda, tarifa, otros ingresos, etc.

¹⁶ No considera CO₂ equivalentes.

-
- vi. Los contaminantes criterio pueden representar un fuerte incentivo para decidir sobre las tecnologías a adaptar, debido a que cuentan con fuertes restricciones de circulación, así tarificación y/o penalizaciones por circulación en ciertas zonas. Este incentivo, combinado con los contaminantes GEI, puede realmente ser un decisor en el mercado de los sistemas de transporte de bajas emisiones, al igual que cuenta con mayor aceptación de la ciudadanía y tomadores de decisión al ver los efectos localmente.
 - vii. Es común considerar que las tecnologías eléctricas no tienen emisiones GEI, lo cual en general es un error. Para estos casos es necesario considerar los factores de emisión de consumo de la matriz energética de la ciudad o país, esto llevará a una comparación más justa entre las diferentes tecnologías evaluadas.
 - viii. Los modelos actuales de evaluación de sistemas de transporte público no consideran todos los beneficios y costos.

7 Reto de escalamiento en tecnologías

7.1 Barreras de implementación detectadas

Es clara la tendencia que existe en el mundo hacia la adopción de tecnologías más limpias en sistemas de transporte. Sin embargo, solo las ciudades de mayor tradición en transporte de alta calidad han logrado migrar o están en el proceso de implementar tecnologías de bajas emisiones. En todos los casos se detectan barreras de implementación que son necesarias tener en cuenta y generar un plan para reducir o eliminar los riesgos.

- i. Conocimiento de las tecnologías. En general es común tener conversaciones sobre la necesidad de implementar tecnologías de nueva generación, sin embargo, el conocimiento que se tienen sobre éstas es bajo entre los tomadores de decisión, al igual que en los implementadores que desconocen de la información clave para tomar la decisión de comprar un autobús eléctrico, híbrido o GNC, o que jamás lo han visto en operación real bajo un ciclo de manejo completo.
- ii. Costo de las tecnologías. Las nuevas tecnologías tienen un mayor costo de adquisición a las convencionales. Tal vez este sea el mayor reto de inicio para la compra de flotas, debido al costo de financiamiento y retorno de inversión, además de la infraestructura no convencional que puedan requerir.
- iii. Modelo de operación diferentes. La implementación de tecnologías diferentes al diésel, llevan por igual al ajuste necesario en la operación, tanto en la autonomía, estaciones de recarga, eficiencia del combustible, patios de encierro, mecánica y refacciones, hasta el manejo y cuidado del autobús.
- iv. Empresarización e Instituciones de transporte. Principalmente para los países en desarrollo el reto consiste en primero generar sistemas de transporte con instituciones y empresas, seguidos de tecnologías que sean más limpias y eficientes. Es común que la transformación en LATAM se intente de manera conjunta, profesionalización del sector a la par de adopción de tecnologías de vanguardia, lo cual genera mayor complejidad en la implementación de proyectos de bajas emisiones.
- v. Modelos de negocio más complejos. Como se ha mostrado en este documento, los modelos de análisis de adquisición de sistemas de transporte son complejos. Al implementar tecnologías bajas en carbono se adquieren activos de mayor costo, lo cual lleva a la necesidad de financiamiento, así como de explorar nuevos modelos de negocio en donde terceras empresas asumen parte del modelo como la provisión de la infraestructura de combustible y energía ante el acuerdo de un contrato de compra del energético por

determinado tiempo. Así también actualmente se exploran la renta de activos (autobuses), contrato sobre eficiencias de baterías (empresa terceriza su propiedad y reemplazo), etc.

- vi. Nuevos jugadores. El mercado de sistemas de transporte durante varias décadas tuvo a los mismos actores para cada sistema de transporte: fabricantes de unidades, fabricantes de tecnología de control, información y tarificación, proveedores de infraestructura de rodamiento y proveedores de combustible (principalmente Diésel y gasolinas), generalizando. Las nuevas tecnologías han atraído a nuevos actores, es común hoy ver a empresas de energía eléctrica y gaseras no solo proveyendo el combustible, sino participando en el modelo de prestación de servicio de los sistemas de transporte, así como podemos ver a grupos financieros que ven en los sistemas de transporte negocios de inversión a largo plazo.
- vii. Modelos de concesión y legales adecuados. Al haber más actores y recursos involucrados es necesario hacer ajustes a los modelos de concesión y legales de los sistemas de transporte, además de la distribución de riesgos y modelos legales que procuren la continuidad del servicio de transporte público en alta calidad y que, a la vez, respalden la inversión de todos los actores.
- viii. Ausencia de políticas públicas en la materia. Los sistemas de transporte público son esenciales en la vida diaria de cualquier ciudad, su calidad y cantidad están totalmente relacionada con el grado de desarrollo de la ciudad y economía, por lo cual las políticas públicas de las ciudades deben tender a favorecerlos y en cierta medida a subsidiarlos. Las principales barreras que encuentran los sistemas de transporte es la falta de incentivos para su implementación y mejoramiento, principalmente cuando se trata de la adopción de medidas por las que no es claro quien tiene que pagar, como son las medidas de accesibilidad, seguridad vial, frecuencia (cuando no es rentable bajo la tarifa establecida) o las ambientales.

8 Conclusiones y recomendaciones

8.1.1 Generales, industria de sistemas de transporte bajos en emisiones

- i. Escalamiento. La adopción de flotas más limpias o cero emisiones depende en gran medida del volumen de unidades adquiridas. Es posible generar economías a escala que permitan la reducción de costos fijos, así como la reducción de costos de activos que aún tiene margen importante en las unidades, tal es el caso de las baterías. Entre más ciudades cuenten con flotas bajas en carbono, la industria tendrá mayores incentivos para su desarrollo, competencia y reducción de precios.
- ii. Desarrollo de la industria nacional y regional. Latinoamérica cuenta con un potencial muy alto para la adquisición de unidades de autobuses. Tradicionalmente se ha movido en este medio de transporte y ha establecido la industria en la región. Con más de medio millón de unidades en la región, existe un mercado atractivo para el establecimiento de empresas armadoras y productoras de unidades, que no solo se comercialicen en la región, sino también tengan atractivo para exportar a otros mercados como el norteamericano.
- iii. Combinación de incentivos. La tarificación del precio del carbono es un incentivo que promueve el cambio tecnológico, sin embargo, requiere del acompañamiento de otros incentivos económicos y regulatorios, tal es el caso de regulaciones de emisiones locales que mejoren la calidad del aire, restricciones de circulación en zonas de baja emisión, o incentivos económicos a la compra de vehículos eléctricos o híbridos.

-
- iv. Mercado de energías. La reducción de carbono tiene efectividad cuando la generación de la energía es limpia y de preferencia renovable. Algunas economías permiten la producción y comercialización de energías entre privados, esto genera una gran oportunidad para incentivar la producción y consumo de energías renovables en sistemas de transporte público, pudiendo establecer incentivos para el consumo mínimo de este tipo fuentes.
 - v. Generación de capacidad y desarrollo del sector movilidad. La implementación de flotas bajas en carbono tiene una de sus principales barreras en la capacidad instalada en la planeación y toma de decisiones en las ciudades. Por lo cual es necesario invertir en la generación de capacidad humana, así como la formalización de instituciones que puedan planear los sistemas de transporte más allá de la perspectiva de operación, incluyendo por igual as políticas públicas necesarias, tal es el caso de las ambientales.
 - vi. Participación de los gobiernos nacionales en la movilidad local. Regularmente los gobiernos locales son los responsables de los sistemas de movilidad, mientras que los nacionales de la política ambiental en materia de emisiones de gases de efecto invernadero. Esto genera una falla debido a que los incentivos y planes por lo regular no están alineados. El gobierno nacional debe buscar la generación de incentivos para que los gobiernos locales promuevan la adopción de tecnologías bajas en carbono. Regularmente los gobiernos nacionales establecen planes en la materia, incentivan y regulan la industria y ofrecen incentivos económicos directos a las ciudades que promuevan el cambio tecnológico.

8.1.2 Específicas, precio social de carbono en el transporte público

- vii. Precio social como único elemento de externalidad. Los sistemas de transporte producen varias externalidades, sin embargo, rara vez son cuantificadas en los modelos de evaluación socioeconómica. Particularmente las ambientales no están cuantificadas, ya sea en su costo consumo o en el beneficio de reducción. Es necesario incluirlas tal como se realizó en el ejercicio del presente documento, así como cuantificar las emisiones locales, ya sea como una restricción de circulación o incluso como una cuantificación económica.
- viii. Tercerización de activos. Es posible reducir costos de riesgos de tecnologías, o hacer economías a escala con la terciarización de activos como se ha intentado en el caso de los autobuses eléctricos. Es recomendable estudiar estos casos hoy en operación en China y Chile, que pueden ser impulso para la migración a tecnologías más limpias, así también atraer a nuevos inversores y capitalizar el sector.

8.2 Recomendaciones de política pública

8.2.1 Institucionalización y empresarización

Instituciones de transporte

Establecer y generar capacidad en instituciones de transporte público. Los gobiernos nacionales tienen una gran oportunidad en establecer un programa de capacitación para la instalación de instituciones de transporte público, si bien no es relación directa con flotas bajas en carbono, es una de las principales barreras para la adopción de sistemas de bajas emisiones.

Las instituciones establecidas, fuertes y capacitadas tienen mayores posibilidades de establecer y gestionar políticas públicas.

Empresas de transporte

Establecer y generar capacidad para la formación de empresas de transporte público. La adopción de flotas bajas en carbono requieren de sistemas empresariales que les permitan generar modelos de negocios con ciclos de proyecto de largo plazo, diferente a las necesidades inmediatas del concesionario individual que predomina en Latinoamérica.

Conocimiento de tecnologías.

Establecer un programa de información y capacitación en nuevas tecnologías. Aún teniendo instituciones y empresas, la curva de aprendizaje e instalación de nuevas tecnologías requiere de conocimiento, exploración de requerimientos y “trade offs” (intercambios). El abatimiento de la curva con programas de capacitación prodrá acelerar la implementación de sistemas de transporte bajos en emisiones.

8.2.2 Evaluación socioeconómica

Métodos de evaluación.

Incorporar en los métodos de evaluación socioeconómica las externalidades derivadas de gases de efecto invernadero, considerando las equivalencias de CO₂ de todos los GEI producidos. Por igual es recomendable evaluar e incorporar en los métodos los contaminantes criterio que afectan la calidad del aire local.

8.2.3 Financiamiento

Gobiernos nacionales/federales.

Establecer un programa de financiamiento de sistemas de transporte público bajo en emisiones. Para lograr acelerar la implementación de sistemas de transporte público con características de sustentabilidad en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, es recomendable la participación del gobierno nacional/federal para desde el financiamiento, principalmente del costo capital. Esto considerando que están cubiertas las necesidades institucionales y de emprezarización, así como de evaluación económica mencionadas previamente. Los costos de operación deberán ser evaluados (preferentemente) por el gobierno local, es posible y natural la necesidad de subsidio a la operación debido a las características socioeconómicas de cada país.

Atracción de nuevos actores.

Ajustar los modelos de concesión y/o licitación para incorporar otros actores. Los sistemas de transporte de vanguardia en el mundo, han diversificado la participación de actores en la procuración de sistemas de transporte. Para el caso de autobuses de bajas emisiones puede atraerse nuevos actores no tradicionales (ya sea relacionados o simplemente como socios capitales), que permitan financiar los costos capitales y operativos durante el ciclo de vida del proyecto. Esto requiere que las reglas del modelo de concesión del transporte consideren estos nuevos actores, así como la estructuración de un modelo de negocios que permita la generación de rentas para los socios capitalistas.

Bonos verdes

Instrumentación de bonos verdes para proyectos de movilidad sustentable. La emisión de bonos verdes en Latinoamérica es incipiente, sin embargo es una de las principales oportunidades que tiene el sector transporte para financiar proyectos mayúsculos que promuevan la reducción de emisiones contaminantes. Es recomendable

que los bancos de desarrollo nacional instrumenten las medidas para la burzatilización de proyectos de movilidad sustentable, así como la atracción de capitales privados que puedan financiar proyectos verdes.

9 Anexos

9.1 Puntos de contacto

Este reporte fue preparado gracias a la colaboración de los siguientes contactos:

CHILE

Orietta Valdés Rojas

División Evaluación Social de Inversiones

Subsecretaría de Evaluación Social

Email: ovaldes@desarrollosocial.gob.cl

Oficina: +562 2675 16 84

Ministerio de Desarrollo Social

COSTA RICA

Francisco Tula Martínez

Director

Inversiones Públicas / Inversiones

Tel. +506 2202-8628

Email: francisco.tula@mideplan.go.cr

www.mideplan.go.cr

NICARAGUA

Róger Vega Rodríguez

Director General de Inversión Pública

Ministerio de Hacienda y Crédito Público

Oficina: +505 22670146 Ext 104

Email: roger.vega@mhcp.gob.ni

Móvil: +505 5738 8764

Skype: roger.vega.rodriguez

PANAMÁ

Fabio Bedoya

Jefe

Departamento de Programación de Inversiones

Dirección de Programación de Inversiones

Ministerio de Economía y Finanzas

Email: fbedoya@mef.gob.pa

HONDURAS

(no definido)

9.2 Bibliografía

Aldy, Joseph E. Long-Term Climate Policy: The Great Carbon Swap. PPI, 2016. Retrieved from <http://www.progressivepolicy.org/wp-content/uploads/2016/11/The-Great-Swap-1.pdf>

Aldy, Joseph E. "Pricing climate risk mitigation." Nature Climate Change 5, no. 5 (2015) 396-398. Retrieved from doi:10.1038/nclimate2540.

Edenhofer, Ottmar, Michael Jakob, Felix Creutzig, Christian Flachslund, Sabine Fuss, Martin Kowarsch, Kai Lessmann, Linus Mattauch, Jan Siegmeier, and Jan Christoph Steckel. “Closing the Emission Price Gap.” *Global Environmental Change* 31, (2015): 132-143.

Metcalfe, Gilbert E., and David Weisbach. “Linking policies when tastes differ: Global climate policy in a heterogeneous world.” *Review of Environmental Economics and Policy* 6, no. 1 (2011): 110-129.

CLIMA y Carbono: https://www.cepal.org/es/publicaciones/42228-la-economia-cambio-climatico-america-latina-caribe-vision-grafica?utm_source=CiviCRM&utm_medium=email&utm_campaign=20190214_Seleccion_desarrollo_sostenible

https://www.cepal.org/es/publicaciones/44423-costo-social-carbono-vision-agregada-america-latina?utm_source=CiviCRM&utm_medium=email&utm_campaign=20190214_Seleccion_desarrollo_sostenible

NDCs: https://www.cepal.org/es/publicaciones/44290-reformas-fiscales-ambientales-innovacion-difusion-tecnologicas-contexto?utm_source=CiviCRM&utm_medium=email&utm_campaign=20190214_Seleccion_desarrollo_sostenible

Resiliencia: https://www.cepal.org/es/publicaciones/44218-potenciar-la-resiliencia-ciudades-sus-territorios-pertenencia-marco-acuerdos?utm_source=CiviCRM&utm_medium=email&utm_campaign=20190214_Seleccion_desarrollo_sostenible

9.3 Tablas

Ilustración 1 Capacidad vs velocidad en diversos sistemas de transporte. Fuente: ppt: Gabriela Lucchini cuenta sobre el desarrollo del transporte urbano en la Ciudad de Buenos Aires 3/12/14 8

Tabla 1 Flota de autobuses en las principales 25 zonas metropolitanas de LATAM. Fuente: OMU CAF 9

Tabla 2 Numeralia de BRTs en operación en LATAM. Fuente: BRTdata.org..... 10

Tabla 3 VPN y CAE de PSC a 5 USD 15

Tabla 4 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 5 USD 16

Tabla 5 VPN y CAE de PSC a 10 USD 17

Tabla 6 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 10 USD 18

Tabla 7 VPN y CAE de PSC a 20 USD 19

Tabla 8 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 20 USD 19

Tabla 9 VPN y CAE de PSC a 30 USD 21

Tabla 10 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 30 USD 22

Tabla 11 VPN y CAE de PSC a 50 USD 23

Tabla 12 Peso porcentual de cada elemento en el CAE por tecnología, PSC 50 USD 24

Gráfico 1 Emisiones CO₂, toneladas anuales. 13

Gráfico 2 Contaminantes criterio, anuales..... 14

Gráfico 3 Reducción porcentual de contaminantes respecto a la tecnología base..... 14

Gráfico 4 CAE PSC a 5USD 15

Gráfico 5 CAE en porcentaje por rubro, PSC 5USD..... 16

Gráfico 6 CAE PSC a 10USD 17

Gráfico 7 CAE en porcentaje por rubro, PSC 10USD..... 18

Gráfico 8 CAE PSC a 20USD..... 19

Gráfico 9 CAE en porcentaje por rubro, PSC 20USD 20

Gráfico 10 CAE PSC a 30USD 21

Gráfico 11 CAE en porcentaje por rubro, PSC 30USD	22
Gráfico 12 CAE PSC a 50USD	23
Gráfico 13 CAE en porcentaje por rubro, PSC 50USD.....	24