



NACIONES UNIDAS



cooperación
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



UNIVERSIDAD
SERGIO ARBOLEDA

Ciudades Inclusivas, Sostenibles e Inteligentes (CISI)

Movilidad eléctrica, caso de estudio Santiago de Cali - Colombia

Bogotá, 12 al 14 de Septiembre 2022

Prof. Jackeline Murillo Hoyos
Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática
Grupo de Investigación en Transporte, Tránsito y Vías



ANTECEDENTES

Convenio Interadministrativo No. 165-2017
Convenio Interadministrativo No. 046-2018



Plan de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático para Santiago de Cali

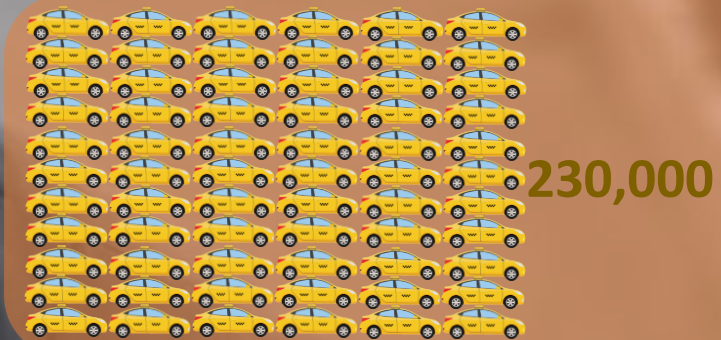
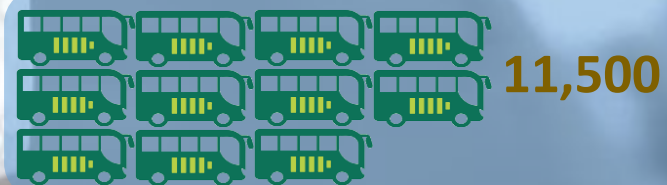
Implementación de acciones priorizadas del *“Plan de Acción Sectorial - PAS Transporte para promover el transporte motorizado sostenible”*


Objeto: Aunar esfuerzos técnicos y recursos económicos para elaborar una propuesta de factibilidad técnica y económica para visibilizar la promoción de cambio tecnológico de la flota de **transporte público (SITM-MIO y taxis) y especial (escolar y ambulancias)** y a transporte sostenible.

“

Los costos en la salud asociados a la degradación ambiental en Colombia ascienden a **\$20.7 billones**”

Departamento Nacional de Planeación, 2018





En 2015 se emitieron alrededor de 3.4 millones de toneladas de material contaminante generado por fuentes móviles, de los cuales el 77.6% (2.6 millones) corresponde a emisiones de CO₂.

AGENDA

ESCENARIOS Y MODELO DE EVALUACIÓN

RESULTADOS ECONÓMICOS

RESULTADOS AMBIENTALES GLOBALES

MODELO DE NEGOCIO



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Escenarios y Modelo de Evaluación

“Movilidad eléctrica, caso de estudio Santiago de Cali - Colombia”

ESCENARIOS DE EVALUACIÓN

Transporte Público

Masivo –
SITM MIO



Individual –
Taxi



Transporte Especial

Escolar

Ambulancias

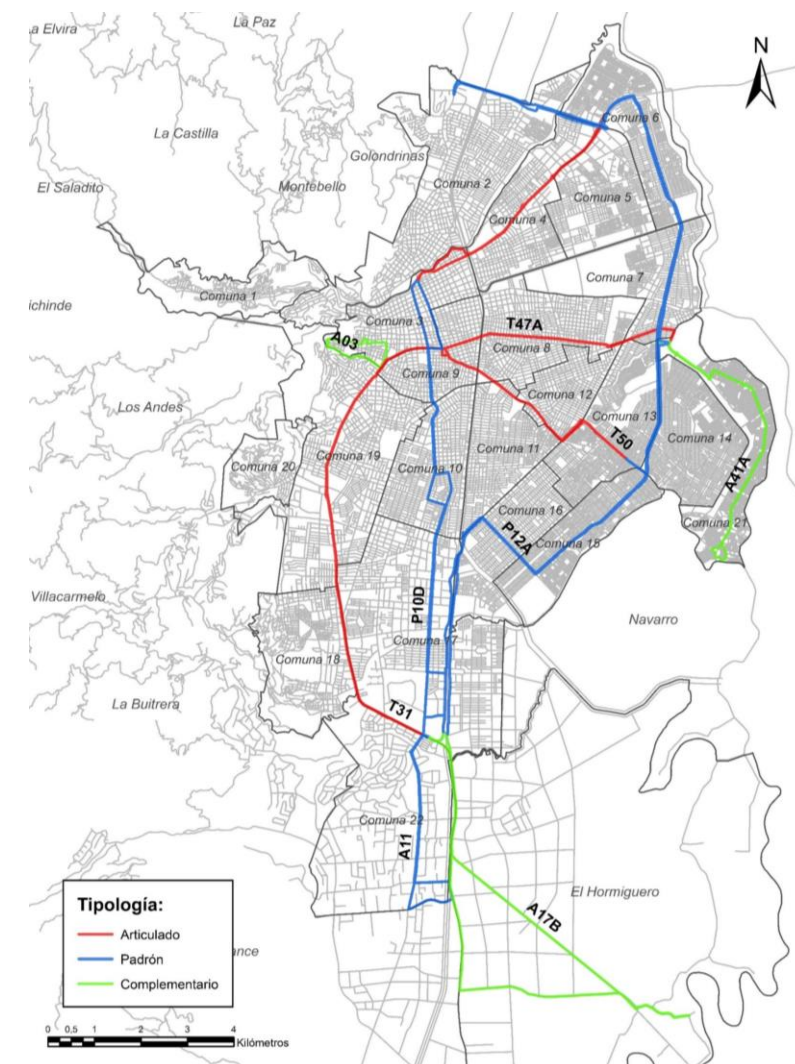
MODELO DE EVALUACIÓN





TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO – SITM MIO

Ruta	Tipología	# Intersecciones		# Paradas	Longitud del Recorrido (m)	Velocidad promedio (km/hr)	Nivel de servicio promedio
		Semaf.	Al paso				
A03	Complementario	0	10	13	3,562	26,09	A
A41A	Complementario	8	24	46	13,525	27,81	C
A17B	Complementario	7	3	33	20,510	47,19	E
A11	Padrón	11	3	25	9,571	27,13	F
P10D	Padrón	57	1	54	21,773	30,61	C
P12A	Padrón	72	1	75	51,116	27,48	D
T31	Articulado	92	0	57	35,449	30,95	C
T47A	Articulado	82	0	40	26,401	31,47	C
T50	Articulado	53	0	25	14,916	31,10	C





TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO – SITM MIO

Bus Articulado



\$1,146'768,000

Bus Padrón



\$510'000,000

Bus Complementario



\$280'000,000



\$1,892'167,200



\$850'000,000



\$466'666,667

Los vehículos eléctricos tienen un costo inicial aproximado de 1.65 veces más elevado que los vehículos convencionales



ESCENARIOS DE EVALUACIÓN

- E1. 50,000 km/año
- E2. 80,000 km/año

Franja Horaria	Horas/Día	% de Aplicación
Hora Pico AM	3	20
Hora Pico PM	3	20
No Congestión	18	60

Combustible	Costo		% Incremento Anual
Gasolina	\$ 8,738.94	\$/gal	8%
Energía Eléctrica	\$ 517.10	\$/kWh	3%

Resultados ECONÓMICOS

“Movilidad eléctrica, caso de estudio Santiago de Cali - Colombia”



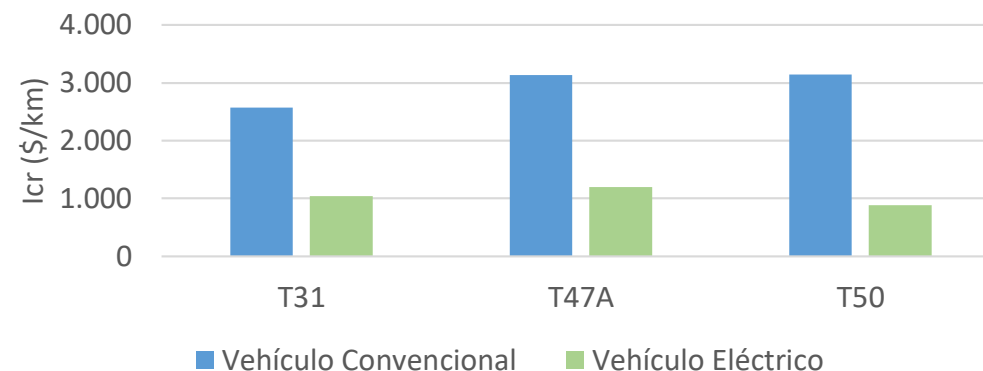
TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO – SITM MIO

Bus Articulado

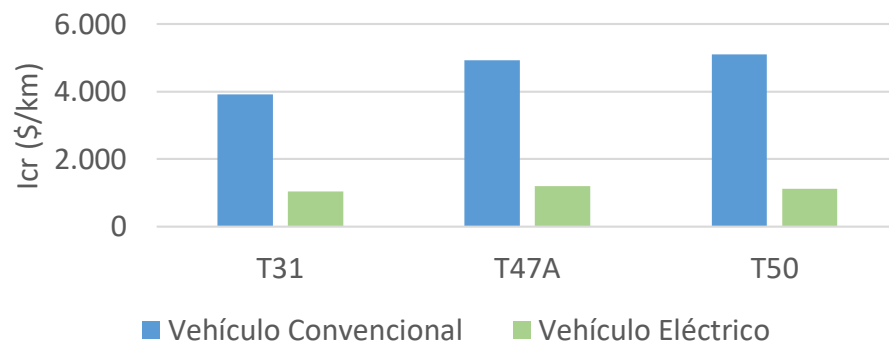
Índice Costo/Recorrido - Icr

Período	Vehículo Convencional	Vehículo Eléctrico	% Costo Eléctrico
Icr AM	4657.45	1119.85	24
Icr PM	4693.49	1122.75	24
Icr NC	2951.60	1039.46	35

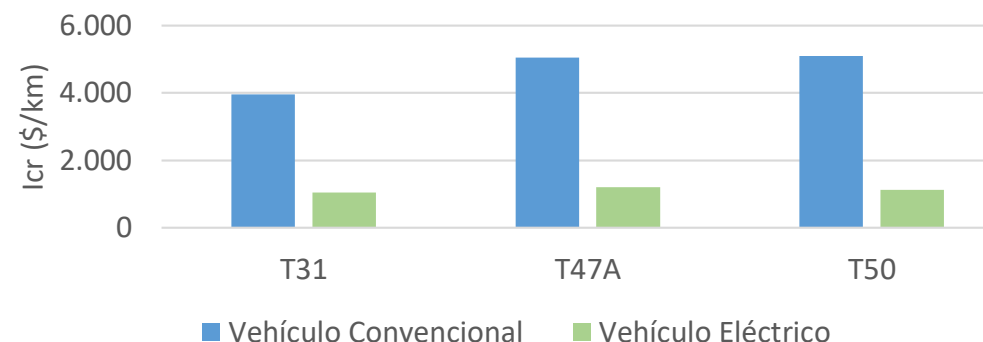
Icr - Relación Costo/Recorrido - No Congestión



Icr - Relación Costo/Recorrido - Hora Pico AM



Icr - Relación Costo/Recorrido - Hora Pico PM



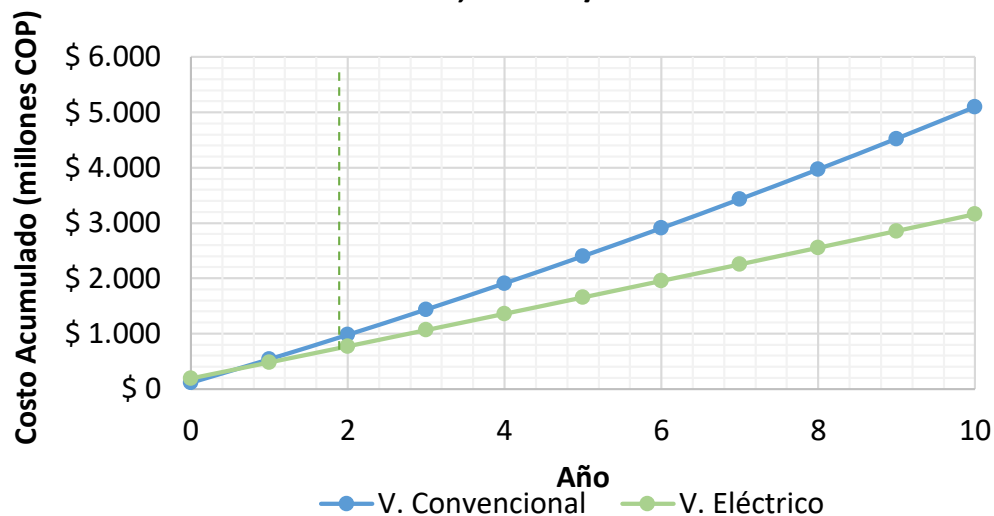


TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO – SITM MIO

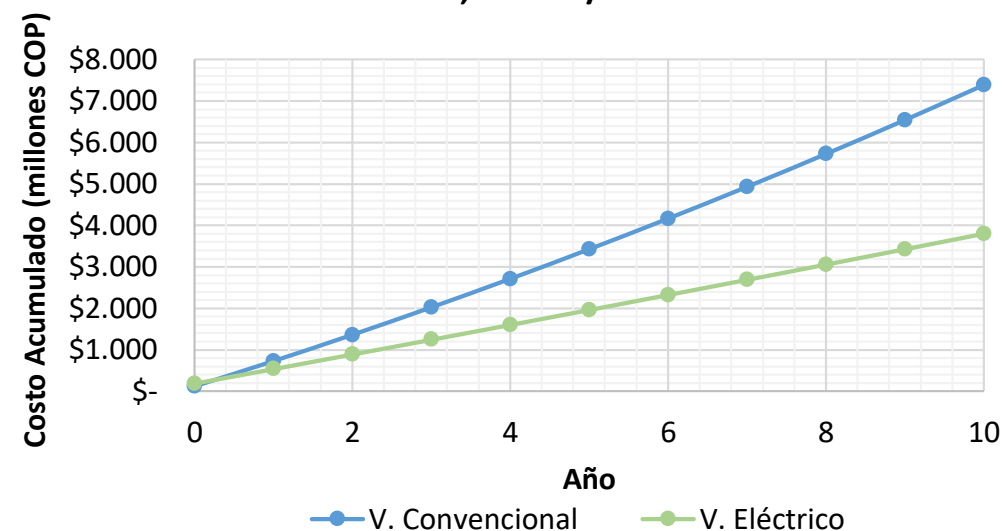
Bus Articulado

Comparación económica (Combustible + Mantenimiento + Financiación)

E1. 50,000 km/año



E2. 80,000 km/año



Costo de Mantenimiento / 5,000 km	
Vehículo Convencional	0.58 x (\$ combustible)
Vehículo Eléctrico	0.40 x (\$ mantenimiento vehículo convencional)

	Vehículo Convencional	Vehículo Eléctrico
Monto	\$1,146,768,000	\$1,892,167,200
Tasa	5.65% EA	5.65% EA
Plazo	15 años	15 años
Valor Cuota	\$115,389,101	\$190,392,016

Resultados AMBIENTALES GLOBALES

“Movilidad eléctrica, caso de estudio Santiago de Cali - Colombia”

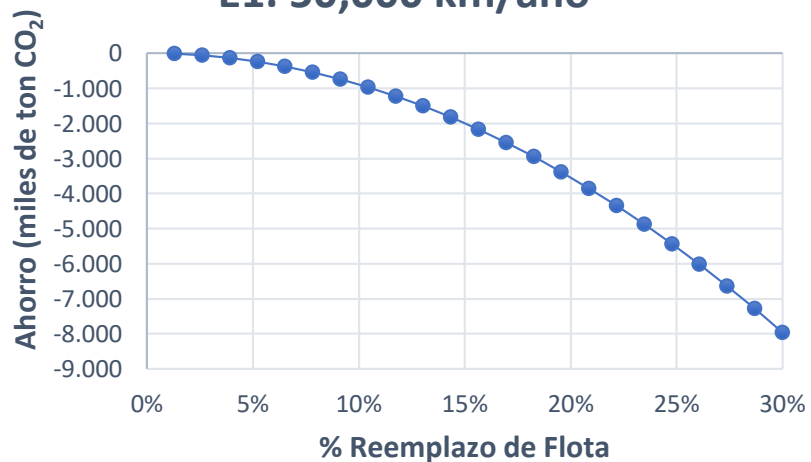


TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO – SITM MIO

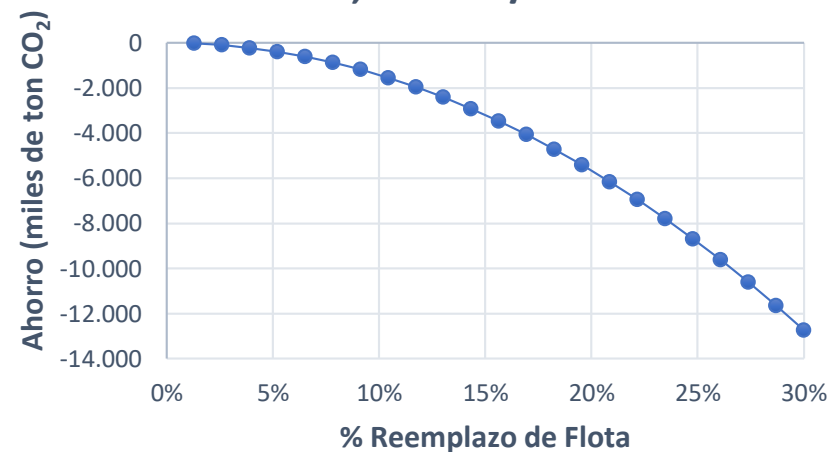
Bus Articulado

Emisiones de CO2

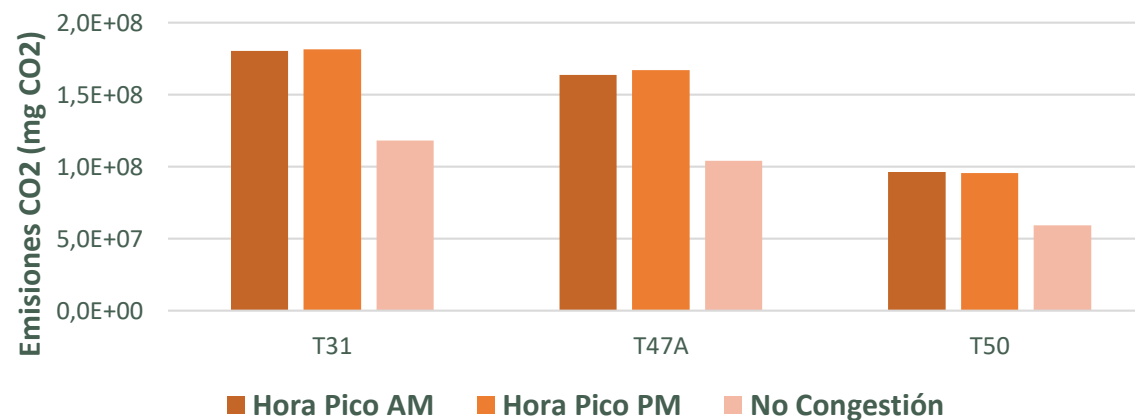
E1. 50,000 km/año



E2. 80,000 km/año



Vehículo Convencional



Resultados MODELO DE NEGOCIO

“Movilidad eléctrica, caso de estudio Santiago de Cali - Colombia”

MODELO DE NEGOCIO

- Costo inicial del vehículo
- Vida útil
- Tasa de interés
- Índice Costo/Recorrido
- Costos de Operación (mano de obra directa e indirecta , consumo de combustible o energía, filtros, lubricantes, neumáticos)
- Costos de Mantenimiento (lavado, mantenimiento general, repotenciación)
- Costos generales (garaje, seguros, impuestos)
- Kilómetros recorridos

PROMOVER EL TRANSPORTE MOTORIZADO SOSTENIBLE
Modelo de Negocio

Vehículo		Bus Complementario
Escenario de Evaluación	Tasa de crecimiento anual	Bus Articulado
	Costo promedio Diesel (Galón)	Bus Padrón
	Costo promedio Electricidad (kWh)	Bus Complementario
	Distribución diaria	Tasa
	Período PICO AM	20.00%
Período PICO PM	20.00%	
Período VALLE (No Congestión)	60.00%	
Total km Recorridos por año	30,000	

INSTRUCCIONES

1. Seleccione el vehículo de la lista desplegable
2. Cargue los valores por defecto.
3. Modifique los valores que desee ajustar para personalizar el modelo de negocio. Sólo es posible modificar las celdas con **formato editable**.
4. Visualice los resultados

Cargar Valores por Defecto

Visualizar Resultados

Parámetros		Vehículo Diesel	Vehículo Eléctrico
Índice Costo - Recorrido lcr (\$/km)	lcr período PICO AM	\$ 2,849	\$ 1,058
	lcr período PICO PM	\$ 2,849	\$ 1,058
	lcr período VALLE (No Congestión)	\$ 2,308	\$ 1,053
Costos anuales por km	Conductor	\$ 793	\$ 793
	Mano de obra indirecta		
	Filtración y lubricantes		
	Garaje		
Costos generales	Lavado		
	Mantenimiento		

ModeloNegocio_Configurable_200919.xlsx - Excel (Error de activación de productos)

Año	Costo Anual (\$ millones)	Costo Acumulado (\$ millones)
6	198,560,515	167,380,928
7	206,116,098	171,010,243
8	214,618,799	178,122,317
9	222,284,724	178,702,505
10	230,930,559	182,777,997
11	239,973,799	187,013,827
12	389,432,750	251,416,889
13	259,336,568	195,993,941
14	269,675,257	200,752,024
15	280,499,804	205,698,464

Costos Anuales - 30,000 km/año - Bus Complementario

Costos Acumulados - 30,000 km/año - Bus Complementario



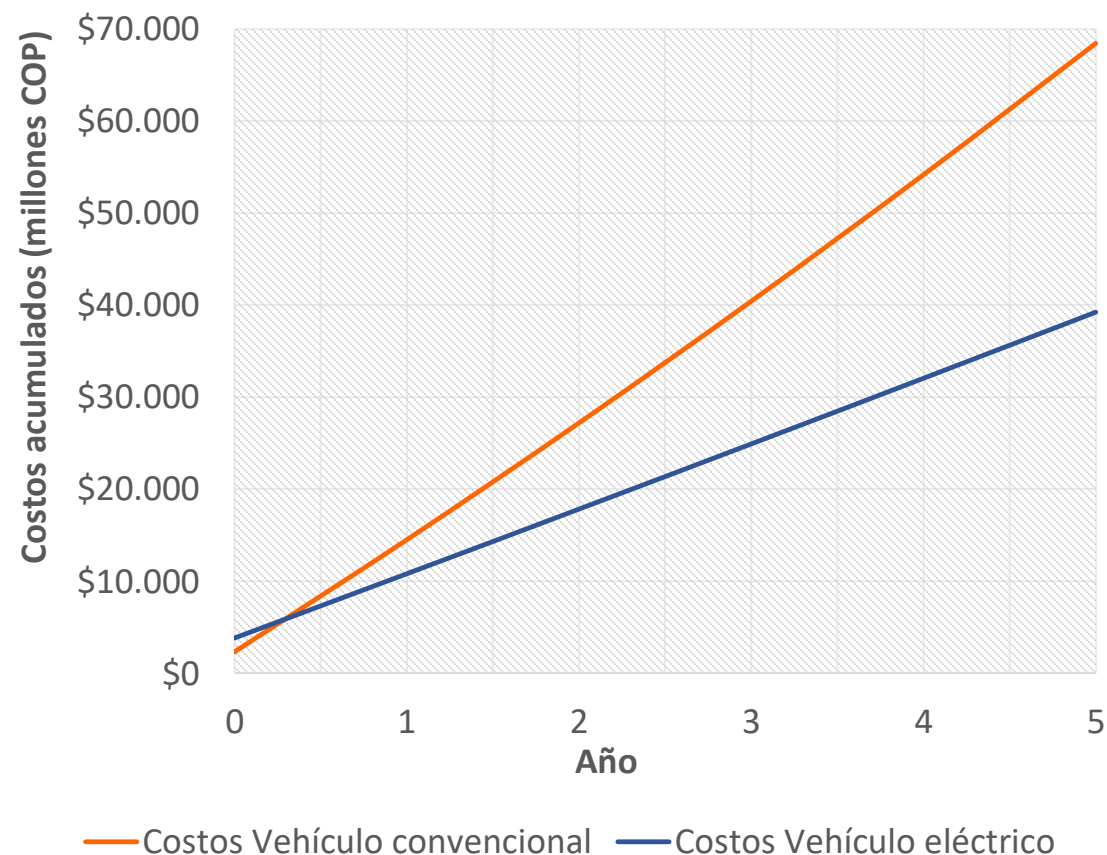
TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO – SITM MIO

Bus Articulado

Modelo de Negocio (80,000 km)

Reemplazar el 10% de flota (20 unidades) **vehículos convencionales** genera un costo de **68,469 millones** en 5 años (incluidos costos de operación, mantenimiento y financiación), mientras que con **vehículos eléctricos** el costo se reduce en promedio un **36%** a partir del año 1.

Año	Costos Vehículo Convencional (\$)	Costos Vehículo Eléctrico (\$)
0	2,307,782,017	3,807,840,328
1	4,491,360,394	10,792,911,547
2	27,199,264,133	17,829,448,128
3	40,431,493,234	24,917,450,072
4	54,188,047,697	32,056,917,377
5	68,468,927,521	39,247,850,045





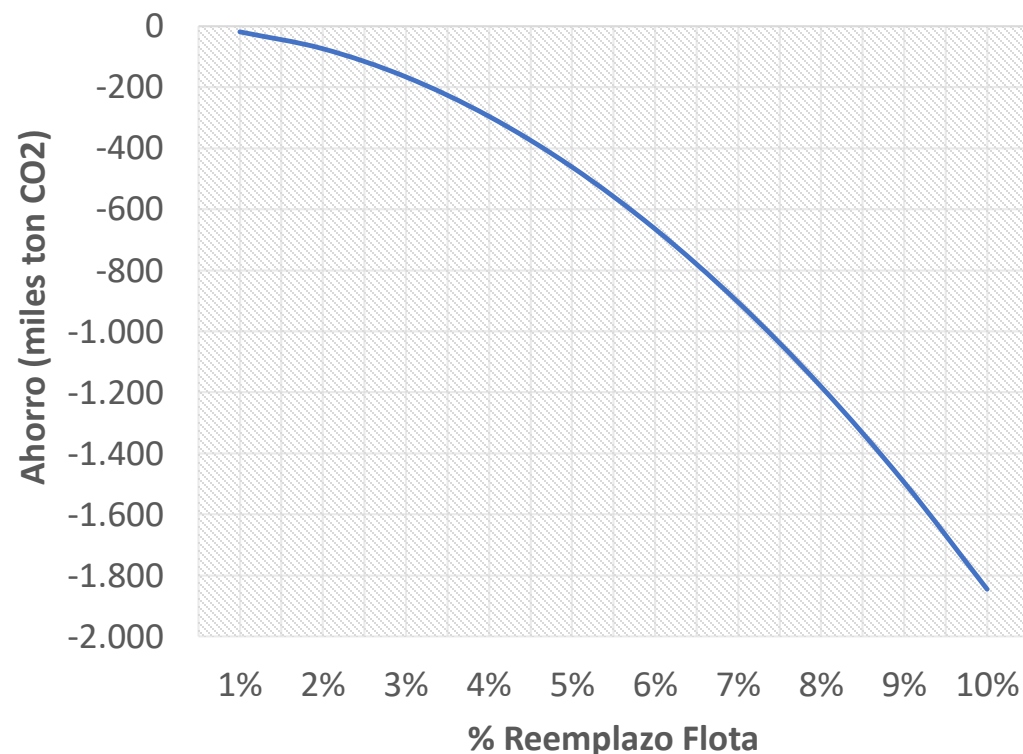
TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO – SITM MIO

Bus Articulado

Modelo de Negocio (80,000 km)

Si el reemplazo del 10% de la flota (20 unidades) se hiciera con vehículos eléctricos, se dejarían de emitir **1.8 millones toneladas de CO₂**. Si se hiciera con vehículos convencionales, dichas emisiones generarían al estado un **costo social** aproximado de **\$406 millones de dólares**.

% reemplazo	Ahorro/flota (ton CO ₂)	Costo Social (USD)
1%	18,454.20	4,059,924
3%	166,087.82	36,539,319
5%	461,355.04	101,498,109
7%	904,255.88	198,936,294
10%	1,845,420.17	405,992,437



CONCLUSIONES

- Los costos de adquisición de los vehículos eléctricos son superiores entre 1.5 y 3 veces a los costos de los vehículos convencionales.
- Los costos de operación y mantenimiento de los vehículos eléctricos están muy por debajo de los costos de operación y mantenimiento de los vehículos convencionales, lo que permite a largo plazo que en su estructura de costos sean más atractivos en el modelo de negocio.
- Los ahorros en emisiones de CO₂ con un reemplazo de flota del 10% en cada uno de los modos de transporte (MIO, taxi, ambulancia y escolar) para un escenario de 80,000 km, podrían representar para el estado un ahorro en el costo social alrededor de 2,658 millones de dólares, lo que hoy equivale a aproximadamente 7.4 billones de pesos.

CONCLUSIONES

- Se observa una marcada diferencia entre los costos de combustible y los de energía. El kWh cuesta aproximadamente el 6% del costo de un galón de gasolina. Adicionalmente, el precio de la electricidad es más estable.
- El costo de adquisición de los vehículos eléctricos puede, de alguna forma, transferirse al estado mediante créditos blandos, incentivos tributarios y subsidios para los compradores.
- Un taxi consume la energía equivalente a un hogar estrato 4 o 5; un bus el equivalente a una pequeña industria o centro comercial mediano.

CONCLUSIONES

- Algunas medidas para promover el uso del vehículo eléctrico además de la eliminación de aranceles, sería eliminar a 0 el Impuesto al Valor Agregado – IVA, exonerar de la restricción por circulación “Pico y placa”, peajes gratuitos, acceso a estacionamientos preferentes y la creación de impuestos ambientales para trasladar el costo de la contaminación a los propietarios de vehículos de combustión.
- El vehículo eléctrico sería una gran oportunidad para el estado y nuestra sociedad para mostrar coherencia con las políticas de responsabilidad con la naturaleza.



NACIONES UNIDAS



cooperación
alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



UNIVERSIDAD
SERGIO ARBOLEDA

Ciudades Inclusivas, Sostenibles e Inteligentes (CISI)

CEPAL

Muchas gracias por
su atención!

