



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

AVANCES Y RETOS DE LA ELECTROMOVILIDAD EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Germán Carmona Paredes
12/Diciembre/2022



DESARROLLO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA UNAM

El programa de desarrollo de Vehículos Eléctricos e Híbridos del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México inició en 1993. Desde entonces, el mayor esfuerzo se ha enfocado a la fabricación de diseños originales de minibuses a baterías, vehículos de carga ligera, así como estudios de vehículos eléctricos comerciales, nuevas tecnologías de baterías, desarrollo de cargadores y controladores electrónicos.



VEUNAM (1996)

Transporte urbano para 30 pasajeros construido sobre un chasis de materiales compuestos con frenado regenerativo hidroneumático.



Electrobus, segundo minibus de 30 pasajeros con carrocería tipo monocasco de materiales compuestos, desarrollado sobre un chasis convencional, en operación como transporte de estudiantes y académicos en la Facultad de Química de la UNAM (2011).



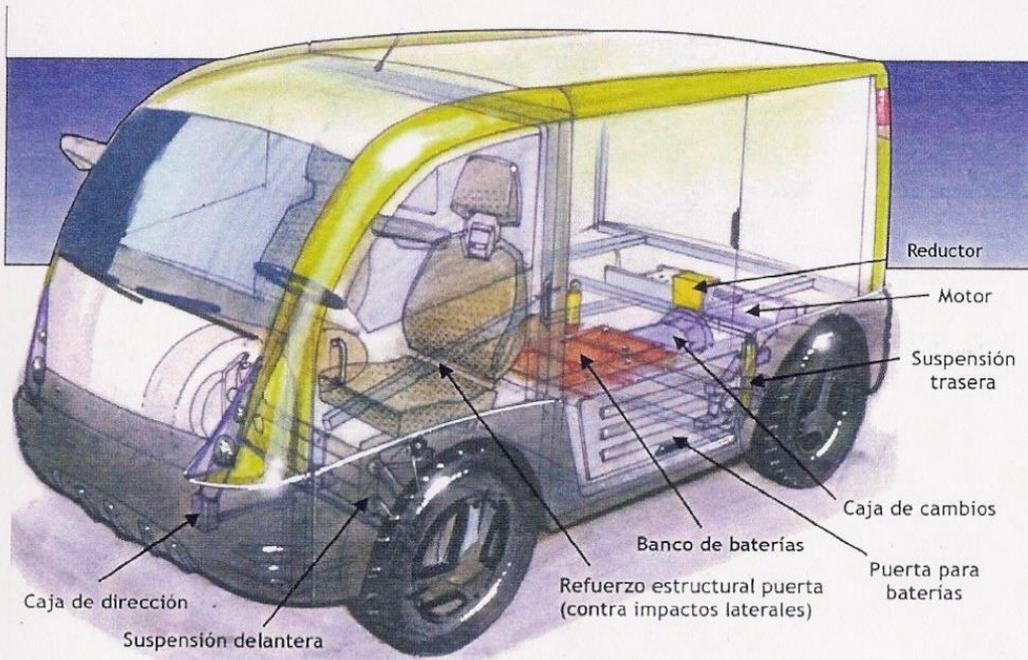


Conversión de un VW-sedán a tracción eléctrica para realizar estudios del desempeño dinámico de baterías de plomo-ácido.

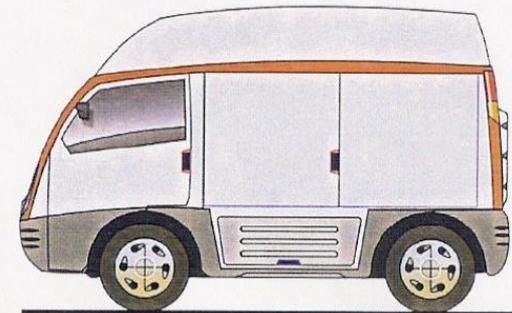




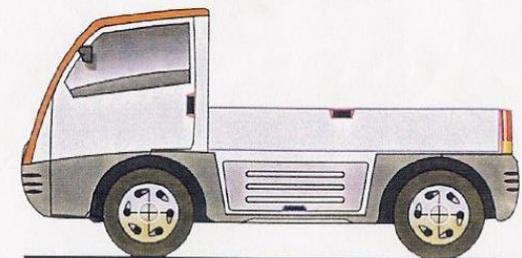
VER (Vehículo Eléctrico de Reparto): Adiseño y construcción de prototipo de vehículo eléctrico de reparto de carga ligera.



*Transparent view rendering
(markers and vellum).*



*Alternative charge boxes
for different utilities.*







Desarrollo de 25 unidades para reparto de mercancía con un sistema de tracción híbrido serie de la empresa Vehizero.





Producción de 25 ECCOs





Estación de recarga
II_UNAM - BMW



Estación de recarga
pública





Retrofit de Taxis Nissan Tsuru:

- Más de 3,000,000 km recorridos en 4 años con 14 vehículos (220´000 km recorridos por vehículo en promedio, 60´000 km por año por vehículo)
- 7.5 km/kWh de rendimiento promedio en condiciones reales de operación (Ciudad de México)





**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

*MOVILIDAD EN BICICLETA ELÉCTRICA
CON RECARGA SOLAR (UNAM)*





Colaboración con VEMO (ENGIE)

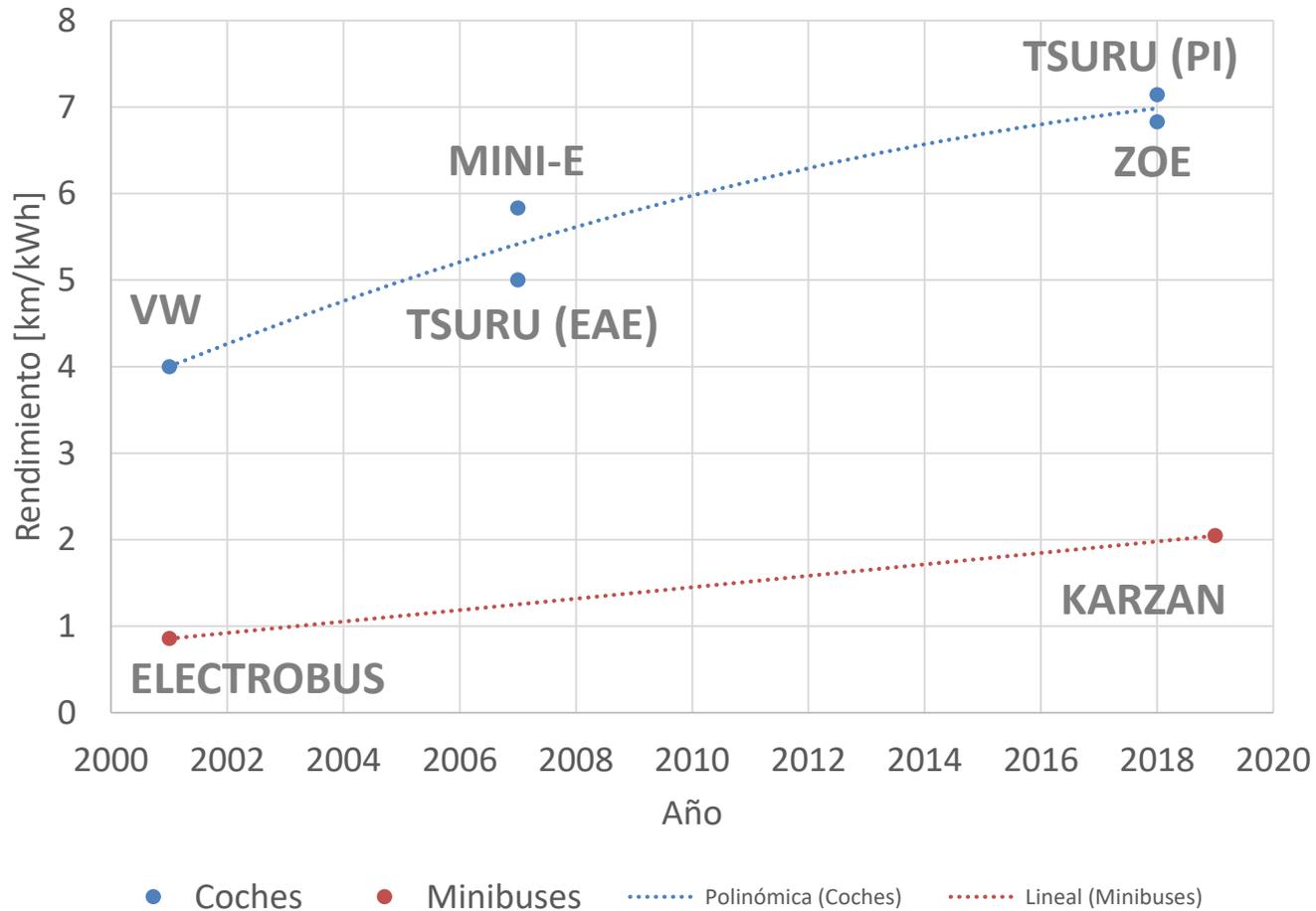




VEHÍCULO	MOTOR	BATERÍAS	ENERGIA [kWh]	AUTONOMÍA [km]	RENDIMIENTO [km/kWh]
ELECTROBUS	DC	Pb-ácido	70	60	0.86
VW-UNAM	DC	Pb-ácido	15	60	4
TSURU	AC	Pb-ácido	16	80	5
MINI-E	AC	Litio	24	140	5.8
RENAULT ZOE	PM	Litio	41	280	6.8
TSURU	PM	Litio	35	250	7.0
KARZAN	PM	Litio	88	200	2

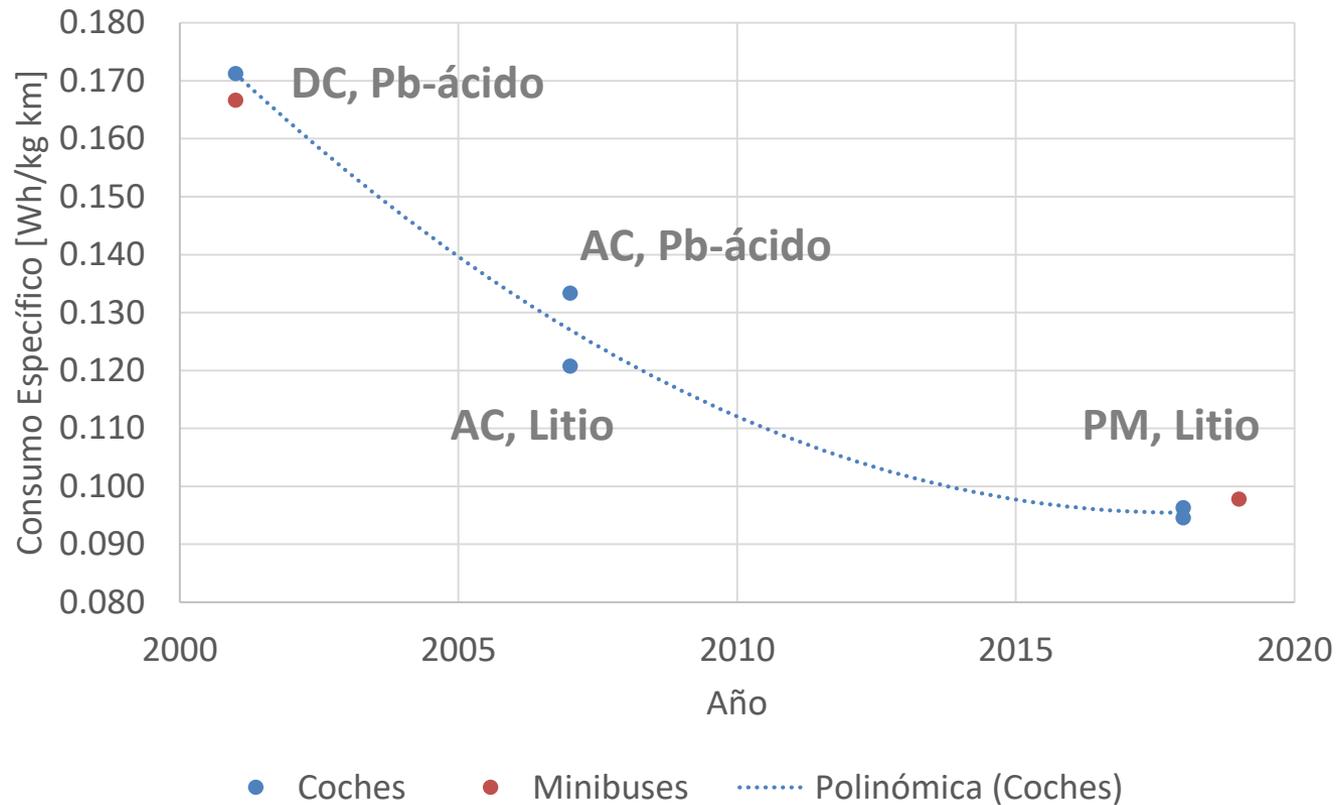


EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



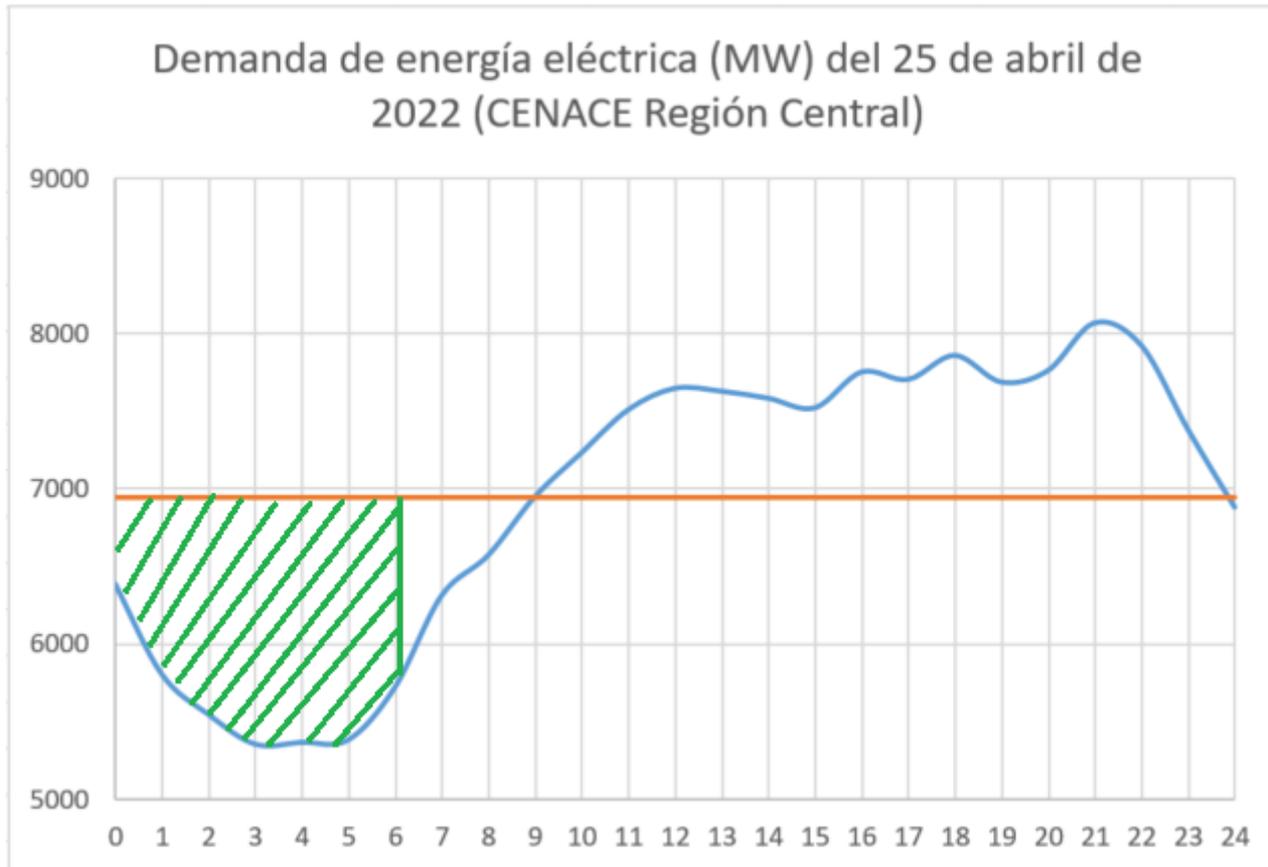


EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ESPECÍFICO EN VEHÍCULOS ELÉCTRICOS





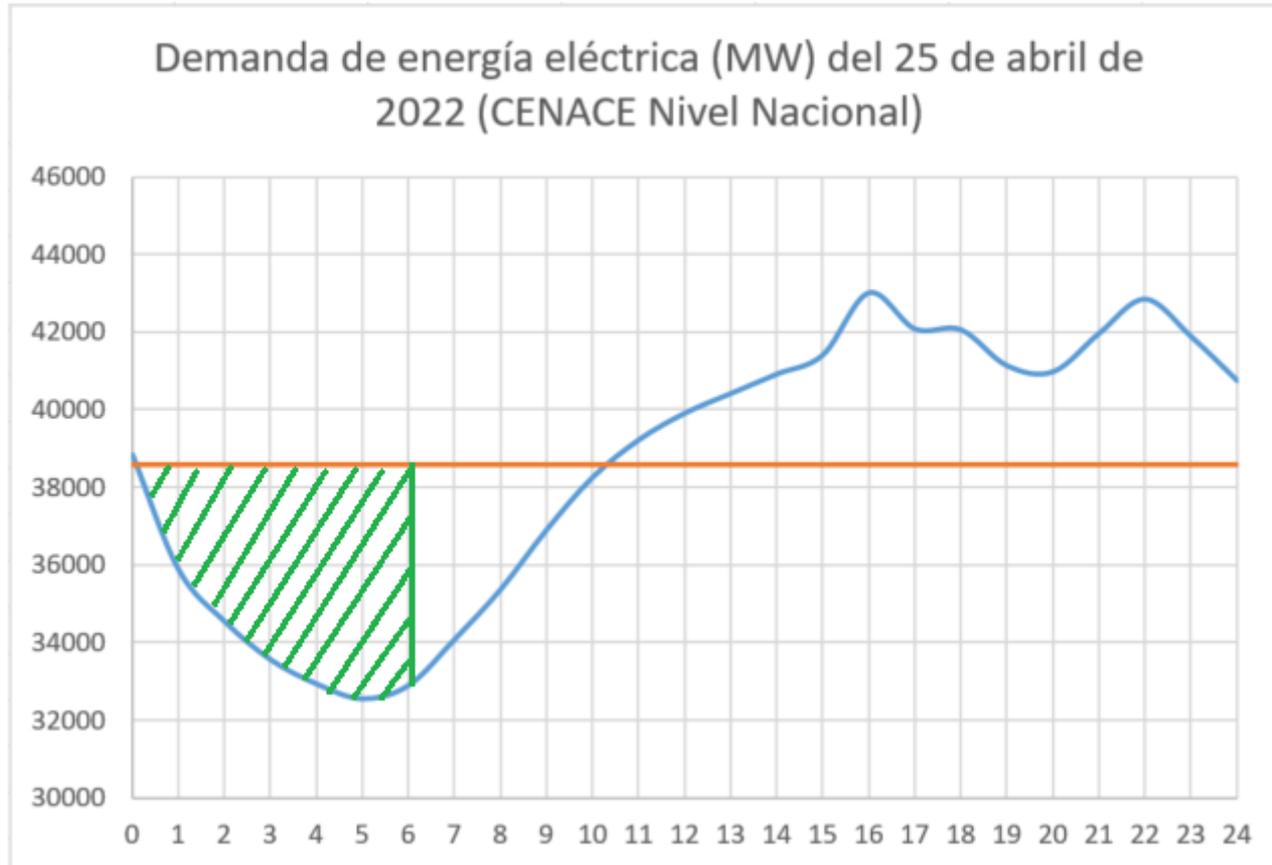
VEHÍCULO	RENDI- MIENTO [km/kWh]	COSTO ENERGIA [\$/kWh]	[\$/km] ELÉCTRICO	RENDI- MIENTO [km/lit]	COSTO COMB. [\$/lit]	[\$/km] C.I.	VE/CI %
MINI-E	5.8	3.6 (2012)	0.62	8.5	13.2	1.55	40%
TSURU	7.0	2.5 (2021)	0.36	11.5	20.90	1.82	20%
KARZAN	2	2.5	1.25				
VE-UNAM	1.4	2.5	1.80				
Autobus 10m	1	2.5	2.50	2.6	21.65	8.30	30%
Metrobus	0.8	2.5	3.10				



Potencia Promedio = 6940 MW



Energía "disponible" de las 0:00 hrs a las 6:00 AM = 8150 MWh



 **Potencia Promedio = 38574 MW**

 **Energía "disponible" de las 0:00 hrs a las 6:00 AM = 26126 MWh**



TOTAL DE ENERGÍA “DISPONIBLE” LAS 0:00 HRS A LAS 6:00 AM: 8150 MWh

VEHÍCULO	No. DE VEHÍCULOS	ENERGIA / VEHÍCULO [kWh]	ENERGÍA REQUERIDA [MWh]
Autobús articulado (160 pasajeros)	303	550	166.65
Autobús doble piso (130 pasajeros)	90	450	40.5
Autobús 12 metros (100 pasajeros)	70	350	24.5
Autobús 10 metros (concesionado)	27500	250	6875
Taxi	30000	35	1050

TOTAL DE ENERGÍA REQUERIDA: 8156.65 MWh



TOTAL DE ENERGÍA “DISPONIBLE” LAS 0:00 HRS A LAS 6:00 AM: 8150 MWh

RECORRIDO PROMEDIO DIARIO CDMX [KM]	RENDIMIENTO PROMEDIO [km/kWh]	ENERGÍA DIARIA REQUERIDA [kWh]	No. DE VEHÍCULOS *
40	6	6.67	1'222,500

6.67 kWh/dia pueden generarse con esquemas de Generación Distribuida

*** No. de vehículos que se podrían cargar entre las 0:00 horas y las 6:00 AM**



Proyectos de implementación de electromovilidad en la Ciudad de México

- 1) Recuperación del Sistema de Transporte Eléctrico (STE) con Trolebuses
Flota actual : 290
 Viejos (a 1998): 120
 Nuevos (2019 a 2021): 170
 En proceso de compra (2022): 100
- 2) Sistema Cablebus (2 Líneas) en operación
- 3) Metrobuses Articulados 100% Eléctricos
 2020-2021: 10
 En proceso de compra (2022-2023): 50



Proyectos de desarrollo en colaboración UNAM-SECTEI-MegaFlux (Potencia Industrial)

- 1) Premio PRODETES 2018: Laboratorio de Evaluación de Baterías (SENER-Pot.Ind.-UNAM)
- 2) Laboratorio de Evaluación de Tecnologías Vehiculares (LETEV)
Seguimiento y pruebas en metrobuses eléctricos
Cálculo energético para nuevas rutas eléctricas en CdMx
- 3) Desarrollo de sistemas de tracción para vehículos eléctricos:
Diseño y fabricación de motores eléctricos y sistemas electrónicos.
Implementación en vehículos:
 - Mototaxis eléctricos
 - Sistemas para conversión de taxis de C.I. a tracción eléctrica
 - Autobús de 6 metros (minibus)
 - Autobús de 9-10 metros (pesero)
 - Autobús de 12 metros (RTP)
- 4) Normatividad y regulación para conversiones y recarga



*Laboratorio de
Evaluación de
Baterías*

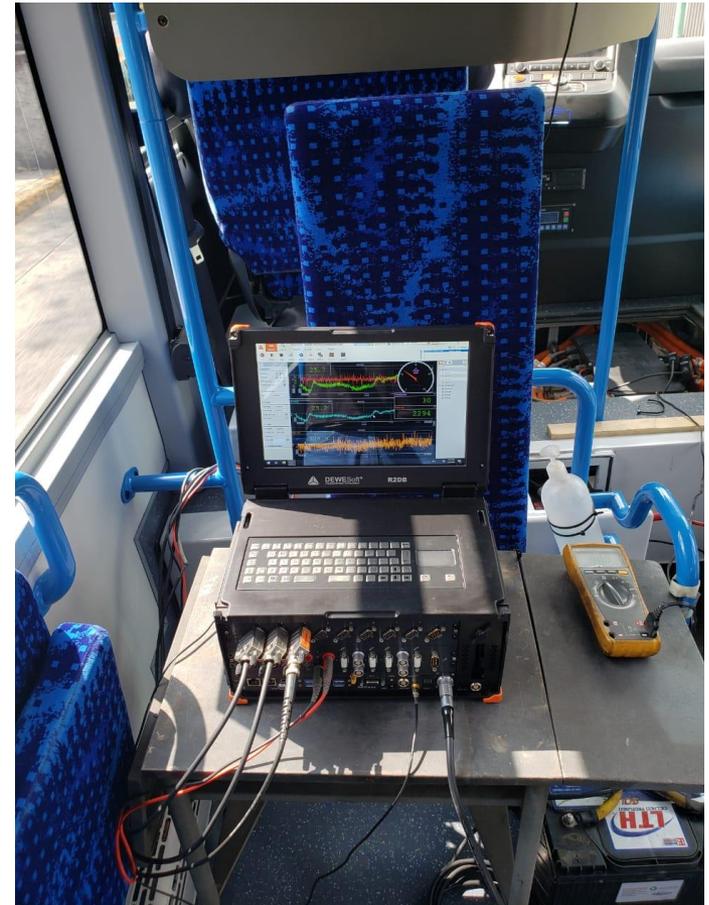




Laboratorio de Evaluación de Vehículos Eléctricos



Pruebas de evaluación de necesidades energéticas específicas para rutas de metrobus





RETROFIT

VENTAJAS

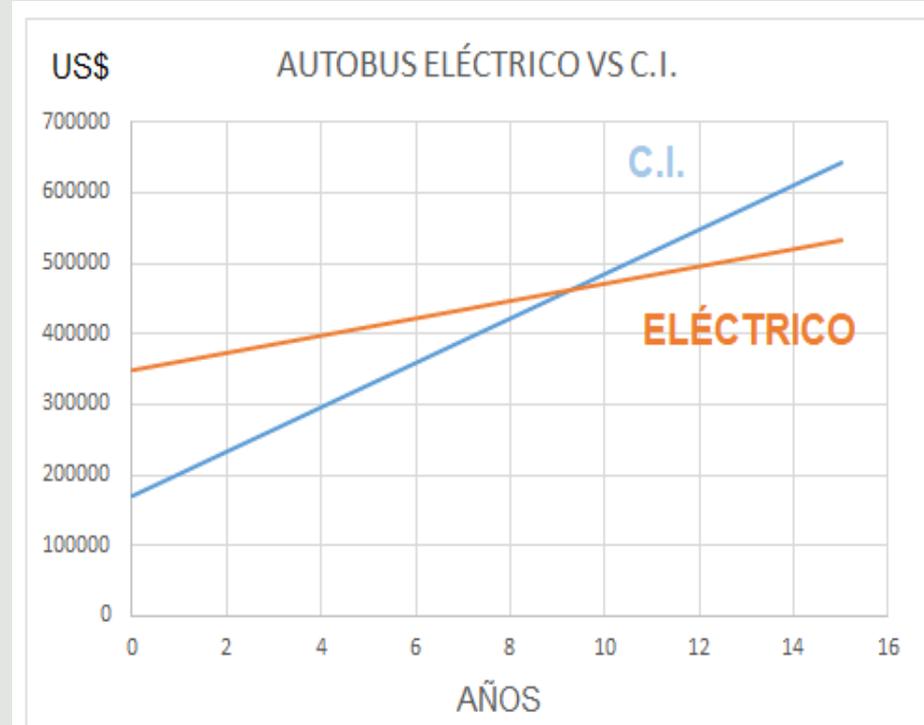
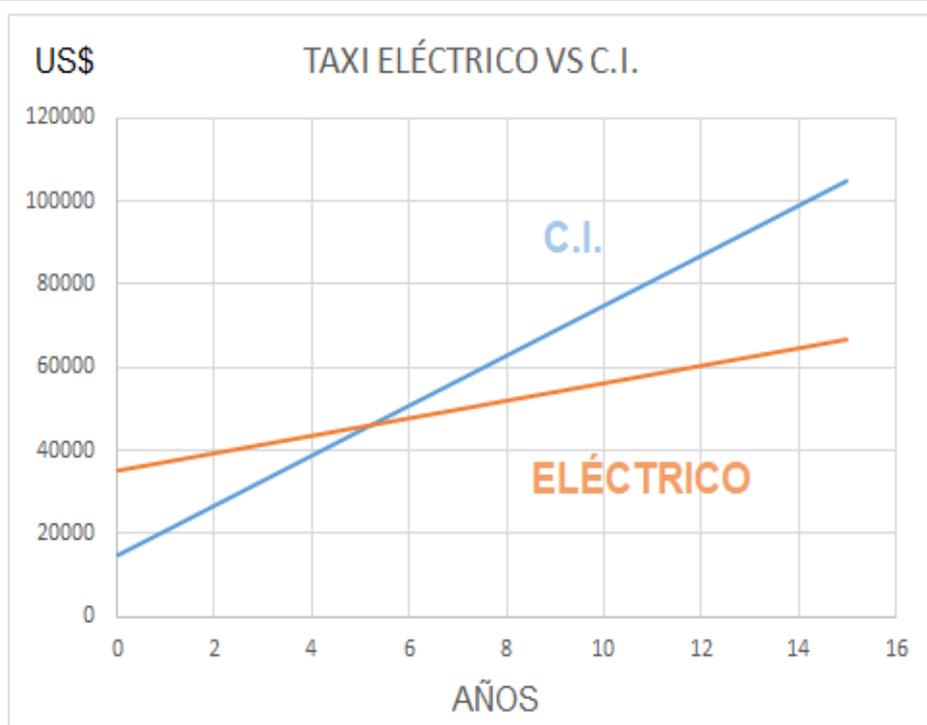
- Costo 50% a 60% de un VE nuevo
- Reuso de plataforma vehicular sin tener que hacer una nueva
- Desarrollo del tren motriz eléctrico en México
- Ensamble del banco de baterías en México

DESVENTAJAS

- Falta de regulación para los retrofits
- ¿Cómo asegurar retrofits seguros y de buena calidad?
- Falta de opciones de financiamiento



ELÉCTRICO VS C.I.





- Es necesario desarrollar los marcos regulatorios y normativos para el “retrofit” que permitan incentivar el desarrollo de la tecnología eléctrica de calidad en las ciudades de Latinoamérica.
- Para ello es indispensable la colaboración interinstitucional: academia, gobierno, industria, así como intersectorial: autoridades de transporte, de medio ambiente, de energía, de economía, de desarrollo tecnológico e investigación
- El “retrofit” es una gran oportunidad para atender los retos de movilidad eléctrica a corto plazo y llevar a la electromovilidad a una “economía circular”



- Debido al bajo costo de operación de los vehículos eléctricos, la movilidad eléctrica para aplicaciones de alto recorrido (>180 km), transporte público, ya puede ser económicamente viable, si se logra tener el financiamiento adecuado (interés bajo y plazo adecuado) y un bajo costo de energía eléctrica.
- Para el caso del taxi, ya se tiene demostrado que se puede recuperar la elevada inversión de un vehículo eléctrico en 5 años, pero es necesario tener los programas de financiamiento adecuados y 10 años para autobuses articulados



- Para el caso del transporte público con autobuses, es necesario hacer aplicaciones piloto para confirmar los cálculos que se tienen.
- Aprovechar fondos de financiamiento (fondos verdes) para el desarrollo de tecnología e infraestructura para Vehículos Eléctricos y estaciones de recarga.
- Vinculación con el sector privado para desarrollo de soluciones de transporte sustentable que cubran necesidades del mercado muy particulares (VEMO, Potencia Industrial)



- Para aprovechar la capacidad eléctrica del país es necesario fomentar la recarga lenta con demandas de potencia bajas e incentivar la recarga nocturna a través de establecer tarifas dinámicas en las que se privilegien la carga por la noche más barata que durante el resto del día
- Es necesario regular los procesos de carga de los vehículos eléctricos
- Tenemos el gran reto y la oportunidad de llegar a tener “Soberanía Tecnológica” en electromovilidad así como “Soberanía Energética”, a través de incentivos fiscales y de importación que privilegien el desarrollo local y regional.



**INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM**

GRACIAS

