

Setembre 2026

Costos de l'Electrificació de la Flota d'Autobusos de TMB



Transports Metropolitans
de Barcelona

Cost Total de la Propietat



Motivació de l'estudi

La substitució de vehicles de combustió interna per vehicles de bateria elèctrica suposa **estalvis** considerables en els **costos operatius**.



La incorporació a la flota de TMB de 196 **autobusos elèctrics, entre el 2029 i el 2024, ha suposat un estalvi significatiu** en l'operació d'aquests anys.

En contrapartida, degut al grau de maduresa del mercat, l'aposta pels autobusos elèctrics suposa un **cost d'inversió més elevat** en comparació amb els de combustió interna (CI).



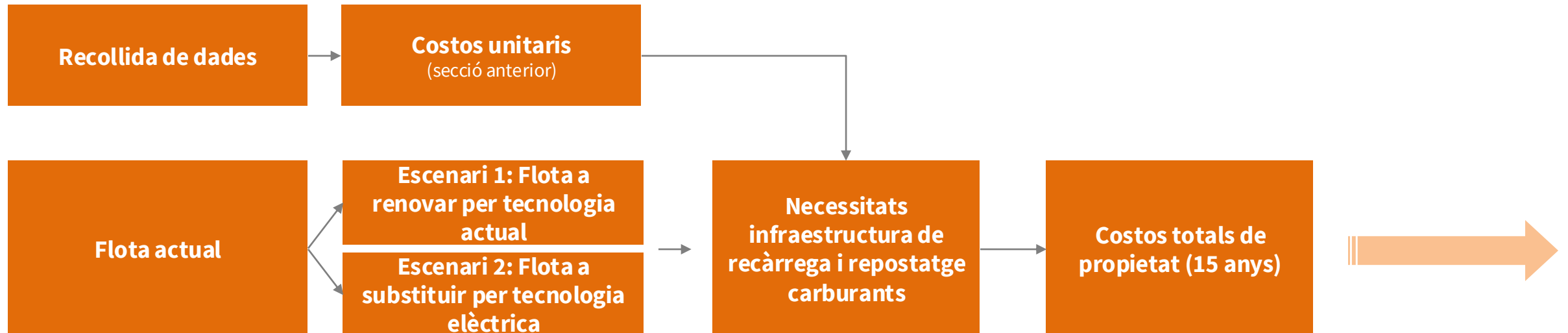
Per tant, la **viabilitat de la compra** d'eBusos consisteix en estudiar si l'increment en **costos de capital es compensa per davallada en els costos operatius acumulats al llarg de la vida útil**, tot això, tenint en compte els costos financers.



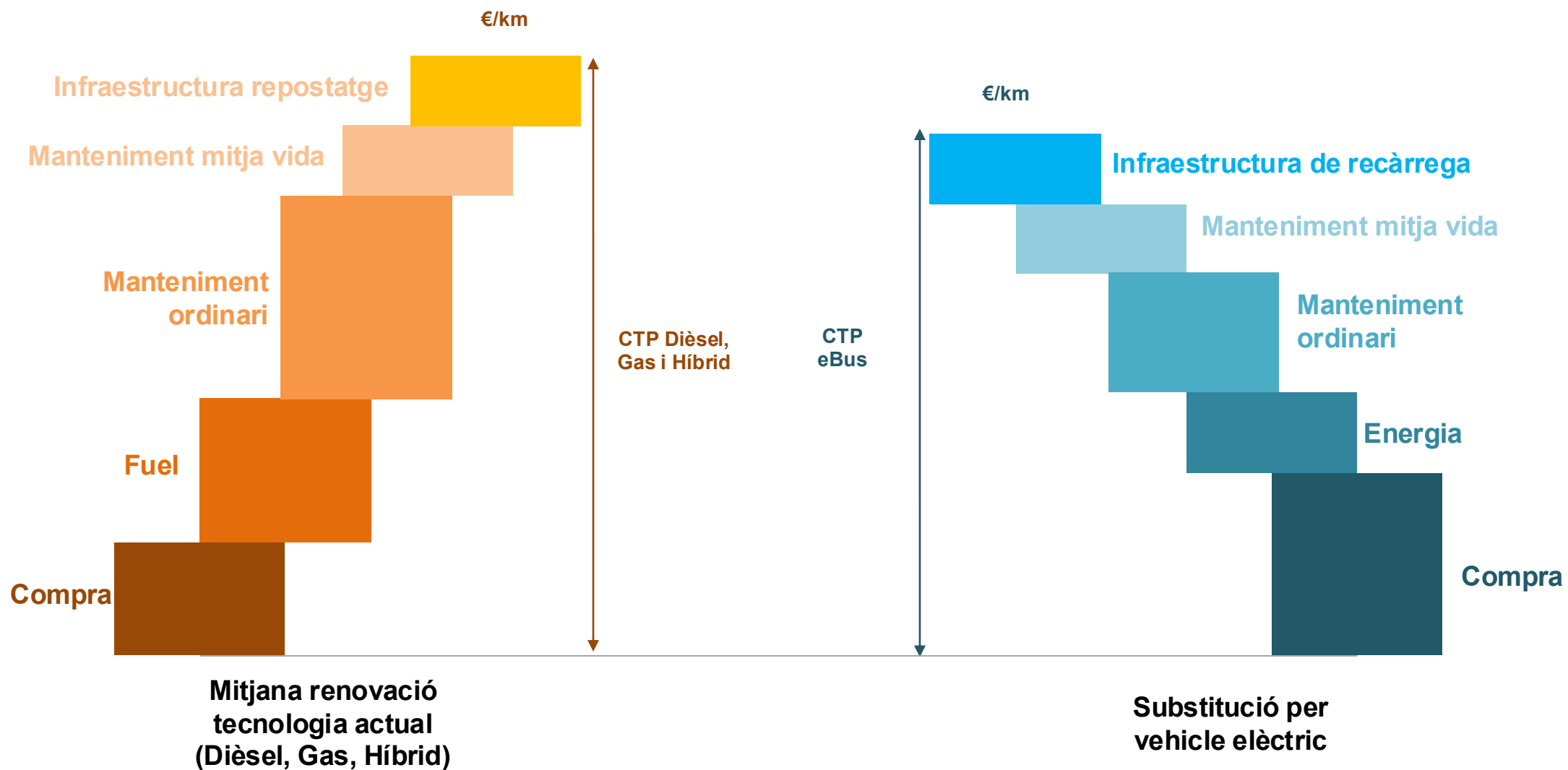
Esquema de la comparativa: costos totals de la propietat

S'estimen els costos de **dos escenaris**:

- l'escenari de **renovació de la flota** segons la tecnologia actual, i
- l'escenari de **substitució per tecnologia elèctrica**.



Cost total de la propietat (CTP)



Components finals de comparació

	Escenari renovació tecnologia actual	Escenari substitució per eBus
Inversió en flota (772 busos)	Compra i costos de capital (finançament)	
Operació i manteniment de la flota	Fuel o energia, manteniment ordinari, i mitja vida	
Cost relatiu al material mòbil	Σ	Σ
Inversió en infraestructura de recàrrega	Renovació infraestructura carburants i gas	Inversió infraestructura de recàrrega
Manteniment infraestructura de càrrega	Manteniment infraestructura	
Total (flota i infraestructura)	Σ	Σ
CAE (Certificat estalvi energètic)	No aplica	Monetització del CAE per la substitució amb eBus
Total impacte econòmic	Σ	Σ

Escenaris de substitució: flota

Se **substitueixen 772 autobusos** (minis, turístics i d'hidrogen no es consideren a l'anàlisi).

La substitució del **autobusos elèctrics actuals no influeix en la comparativa.**

Flota actual* (2024)

*La resta d'autobusos dos pisos (turístics) i mini (total de 1149) no s'han considerat	Tecnologia	Articulats	Estàndard (12m)	Midi (8 m)	Total	(1) A partir de l'any 2025 es descontinuen els autobusos articulats dièsel.
	Dièsel	N/A(1)	69	10	79	
	Híbrid-Dièsel	134	120	16	270	
	Gas	119	184		303	
	Híbrid-GNC	35	85		120	
	Subtotal a substituir	288	458	26	772	(2) Els autobusos ja existents elèctrics no esdevenen un cost addicional
	Elèctrics (2)	79	118		197	
	Hidrogen	2	44		46	
	Total	367	620	26	1.015	

Escenaris d'anàlisi

Flota a considerar en els escenaris d'anàlisi					
Escenari actual	Tecnologia	Articulats	Estàndard (12m)	Midi (8 m)	Total
	Dièsel	0	69	10	79
	Híbrid-Dièsel	134	120	16	270
	Gas	119	184		303
	Híbrid-GNC	35	85		120
Escenari substitució	Compra elèctrics	288	458	26	772

Escenari de substitució: quilometratge per autobús

El quilometratge a substituir ascendiria a més de **33 milions de km a l'any**.

Aquesta **dada és clau** atès que els costos d'operació es calculen a partir de **costos quilomètrics**.

Quilometratge per tipologia d'autobús.

Km anual		Real any 2025	Esperable (informació Bus Barcelona)
Estàndar	Elèctric	45.238	45.000
	Dièsel	45.407	45.000
	GNC	35.273	42.000
Articulats	Elèctric	36.308	45.000
	Dièsel	42.752	45.000
	GNC	38.450	42.000
			Càlcul km anual
Midi (8m)	Dièsel	-	36.960
	Híbrid-Dièsel	-	27.190
Mini	Elèctric		37.621

Flota i quilometratge a considerar per als escenaris d'anàlisi
(renovació flota actual i substitució)

Flota a considerar en els escenaris d'anàlisi					
	Tecnologia	Articulats	Estàndar (12m)	Midi (8 m)	Total
Escenari actual	Dièsel	0	69	10	79
	Híbrid-Dièsel	134	120	16	270
	Gas	119	184		303
	Híbrid-GNC	35	85		120
Escenari substitució	Compra elèctrics	288	458	26	772

Quilometratge anual a considerar en els escenaris d'anàlisi					
	Tecnologia	Articulats	Estàndar (12m)	Midi (8 m)	Total
Escenari actual	Dièsel	0	3.105.000	369.600	3.474.600
	Híbrid-Dièsel	6.030.000	5.400.000	435.040	11.865.040
	Gas	4.998.000	7.728.000		12.726.000
	Híbrid-GNC	1.470.000	3.570.000		5.040.000
Escenari substitució	Compra elèctrics	12.498.000	19.803.000	804.640	33.105.640

Consideracions prèvies

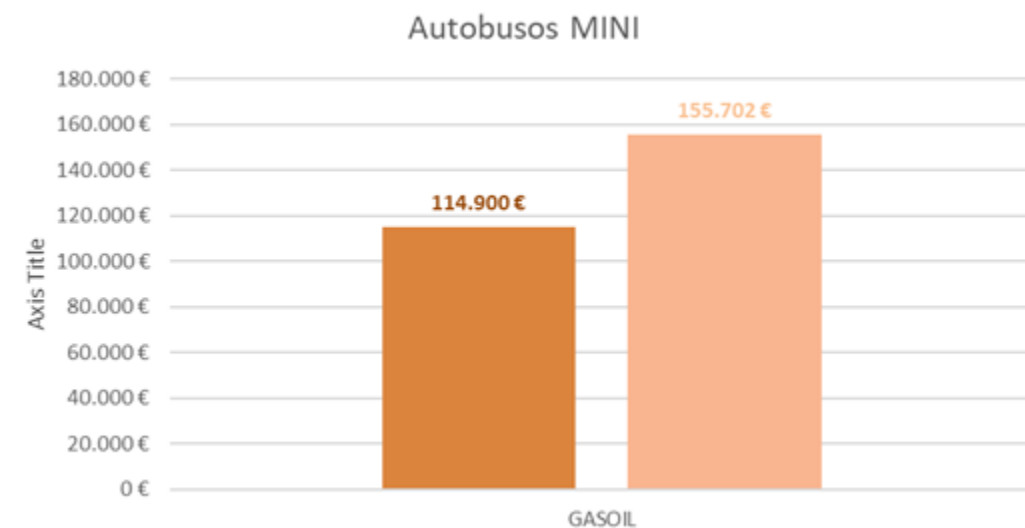
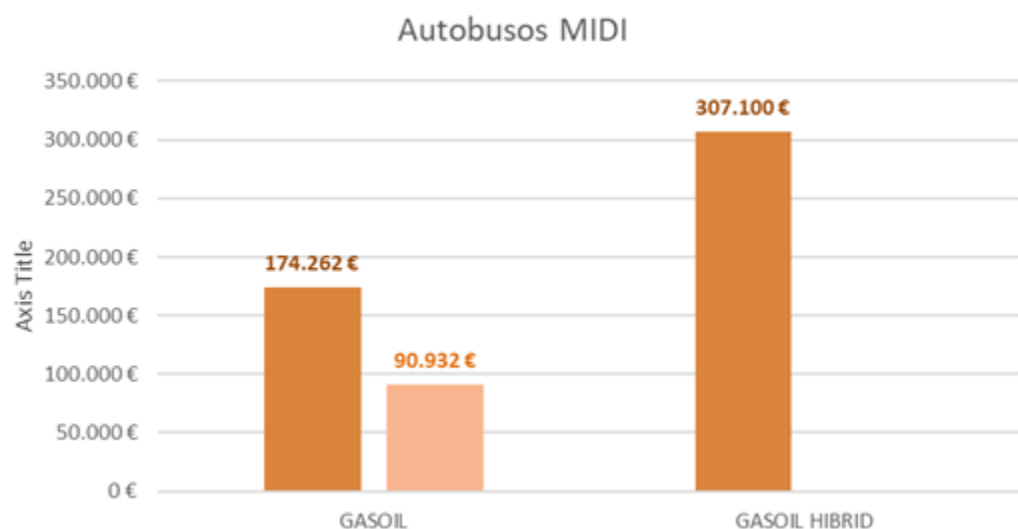
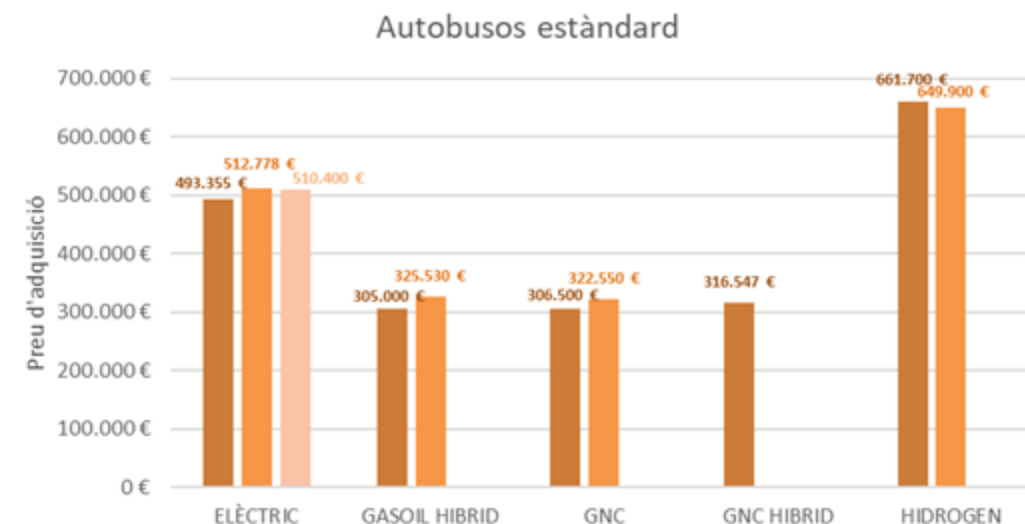
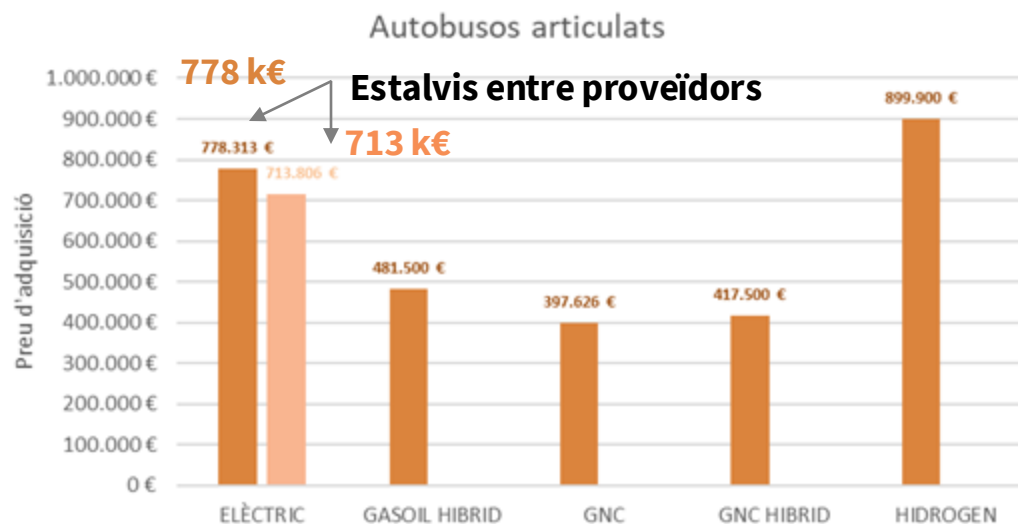
Les següents **consideracions, recollides arran del diàleg amb TMB**, determinen els escenaris de càlcul i substitució de la flota actual per autobusos elèctrics.

Consideració		Implicacions pel càlcul
Requisit de licitació: bateria suficient per operació diària	→	Recarrega nocturna , no s'opta per recàrrega d'oportunitat El rati de substitució del vehicle de combustió és 1 a 1 .
Cost de substitució de bateria: inclòs com a requisit de licitació	→	No es considera un cost de reposició de la bateria a mitja vida, inclosa en el preu de compra.
Sistema smart charging i experiència TMB recàrrega a cotxera	→	No és necessari personal addicional de recàrrega nocturna
Els vehicles d'hidrogen i elèctrics actuals es mantenen	→	Es considera per al càlcul la substitució només dels autobusos de gasoil i gas (incloent-hi híbrids) actuals.

Valor d'adquisició

Dels **registres** d'adquisició s'obté el cost dels autobusos segons la **mitjana de compra**.

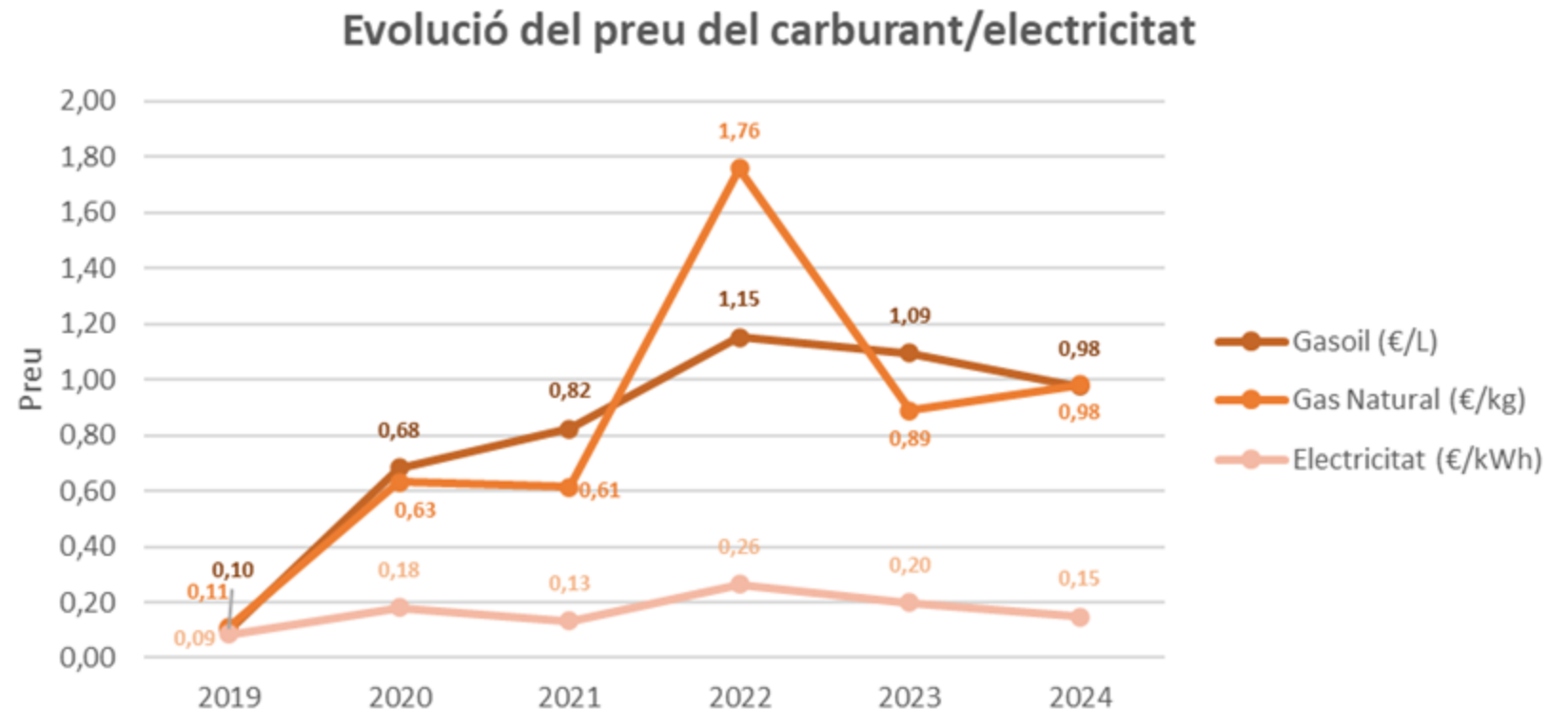
Es destaca que l'última licitació d'autobusos articulats va ascendir a 750.000 € la unitat.



Consum

Dels registres de costos es detecten **variacions** importants en el cost de **l'electricitat, gasoil i gas** arrel del **període inflacionista** després del període COVID i arrel de moviments geopolítics.

El **preu de l'energia elèctrica és més estable** front a disruptions externes.



Manteniment

Arran dels registres dels **últims 10 anys** (2016 a 2024) es prenen els costos mitjans de manteniment.

Pneumàtics

Neteja

Ordinari (material i mà d'obra d'accions preventives i correctives)

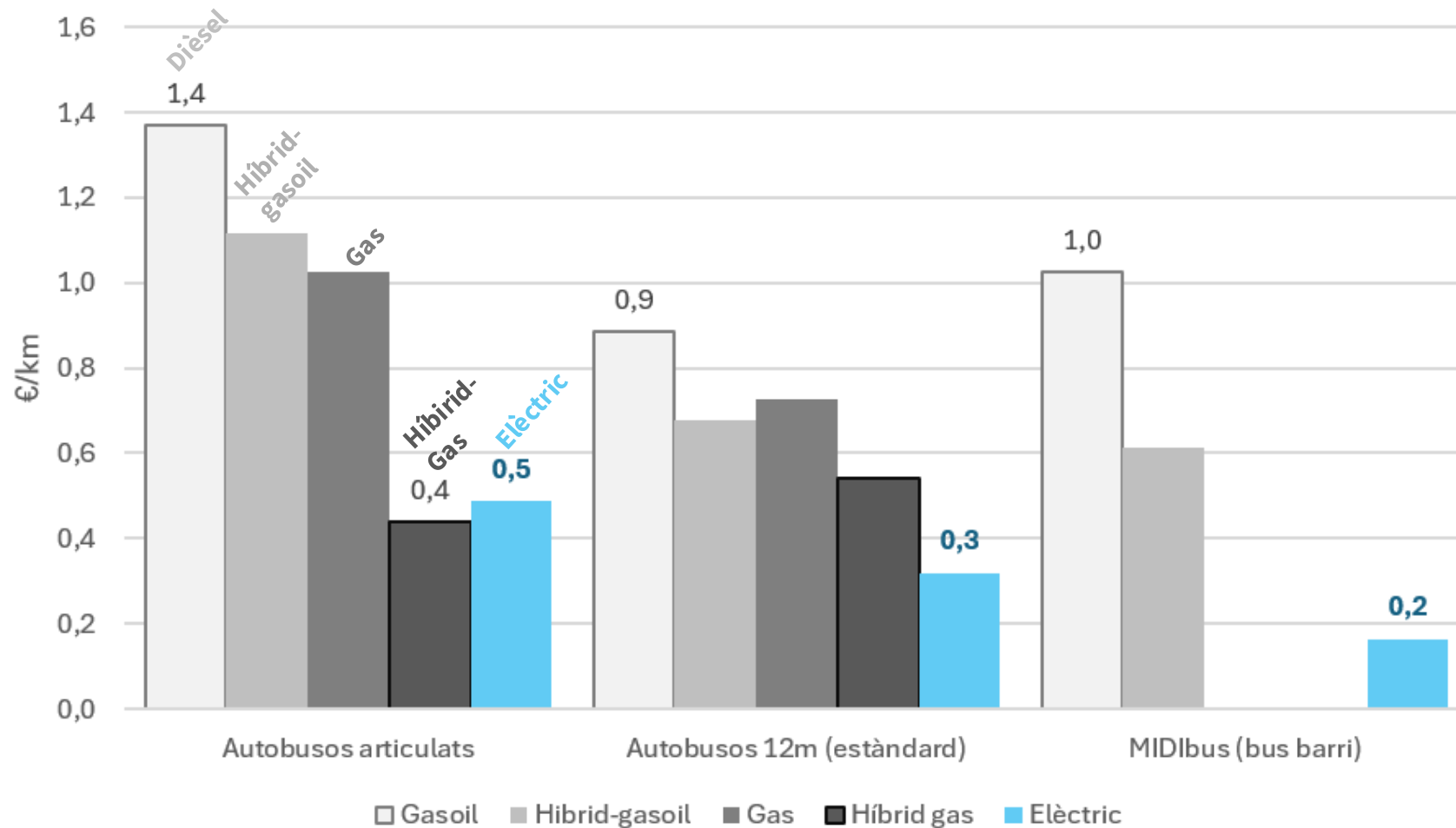
Extraordinari

Aire acondicionat

Altres

Mitja vida: carrosseria, pintura i interiors

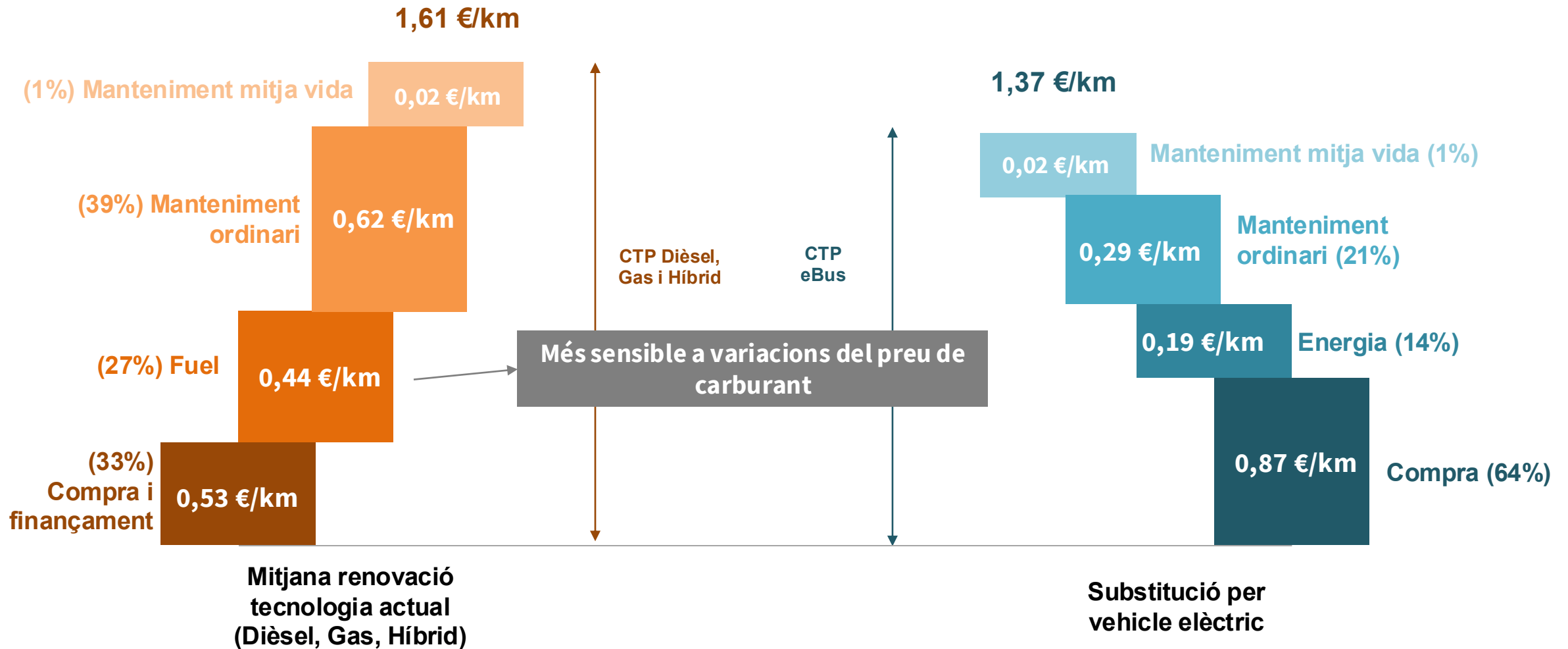
Manteniment



Combustió: 0,02 €/km

Elèctric: 0,02 €/km

Cost total de la propietat



Elements d'electrificació cotxera (Triangle)



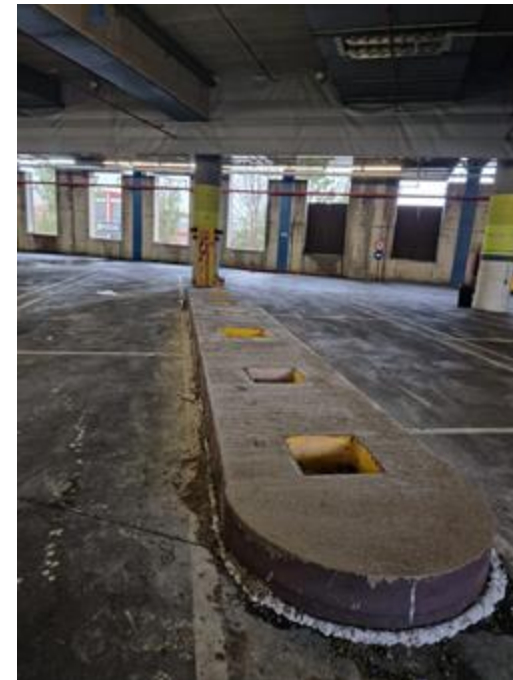
Repostatge dièsel i neteja aspiradora



Punt de recàrrega, pantògraf



Cortina sectorització i CCTV



Illeta on s'instal·len punts de recàrrega

Construcció de la subestació transformadora



Cost electrificació

**Electrificació
100% de la
cotxera finalitza el
2025**

**El pressupost necessari
per a la resta
d'electrificació d'Horta
ascendeix a 31M€**

**Es valora preliminarment
en 42 M€ l'electrificació de
la Zona Franca, a falta de la
valoració de les
subestacions i el pressupost
per la cotxera d'Hora**

**En total, el pressupost
addicional per a
l'electrificació total
ascendeix a 73M€**

157

Projecte 17 (fase I) + 100
carregadors (fase II)

40 carregadors
actualment

196

Projecte 155 autobusos

41 carregadors
actualment

Triangle

Horta

Zona Franca



**La renovació de la
infraestructura e
carburants i GNC
ascendiria a 5,9 M€**

Valoració Certificat d'Estalvi Energètic (CAE)

Transports Metropolitans de Barcelona ha signat un contracte amb Iberdrola que li permetrà transformar en diners els estalvis energètics aconseguits amb les seves polítiques mediambientals, sota el concepte de **Certificat d'Estalvi Energètic** (CAE, *Certificado de Ahorro Energetico*).

A partir del sistema de certificats de estalvi energètic TMB ha calculat que cada vehicle amb propulsió tradicional (dièsel o GNC) substituït per un vehicle elèctric genera un equivalent econòmic per valor de **44.000€/vehicle**.

Així substituir els 772 vehicles que es proposen al present estudi generaria un impacte econòmic de **33,97 milions d'euros** en certificats que TMB podria vendre, representat un benefici addicional per a l'escenari de substitució de la flota a elèctrica.

TMB preveu ingressar 14 milions d'euros amb la comercialització dels seus estalvis energètics

De les diferents mesures que generaran CAE destaquen els següents estalvis aproximats:

- La substitució d'autobusos dièsel o de gas natural per autobusos elèctrics: el valor econòmic de l'estalvi energètic és de 44.000 euros per cada un. Així, substituir **133 autobusos genera 5.852.000 d'euros**.

Retall de premsa disponible a: <https://noticies.tmb.cat/sala-de-premsa/tmb-preveu-ingressar-14-milions-deuros-amb-comercialitzacio-seus-estalvis-energetics>

Resum substitució electrificació completa

(Valoració a 15 anys)	Renovació actual		Substitució e-bus	
	Valoració	Comentari	Valoració	Comentari
Inversió en flota (772 busos)	268,2 M €	L'adquisició hauria de ser de vehicles híbrids ja que actualment els dièsel no es comercialitzen	442,1 M €	Preu d'adquisició condicionat al requisit que les marques han de tenir presència a europa. Variabilitat alta del preu/vehicle segons la licitació
Operació i manteniment de la flota	547,5 M €	Costos de reparació elevats en alguns híbrids per substitució de bateries que no entren en garantia	249,3 M €	Rellevant per a la viabilitat que la substitució de bateries estigui inclosa a la licitació
Subtotal material mòbil	815,7 M €		691,4 M €	
Inversió en infraestructura de recàrrega	5,9 M €		73 M €	Part de les inversions en infraestructura de recàrrega elèctrica ja estan pressupostades o en execució.
Manteniment infraestructura de càrrega	5,3 M €		29,6 M €	El cost del manteniment dels punts de carrega pot tendir a disminuir quan augmenti la maduresa de la tecnologia
Total (flota i infraestructura)	826,9 M €		794,4 M €	
CAE (Certificat estalvi energètic)	N/A		- 33,97 M €	
Total impacte econòmic	826,9 M €		760,4 M €	

La substitució de la flota actual per autobusos elèctrics és viable econòmicament

Cost total de la propietat (a present, VAN) normalitzat per km

ESCENARI 1 · RENOVACIÓ AMB LA TECNOLOGIA ACTUAL (dièsel i gas)

Tecnologia	CAPEX flota (inversió)	Mant. ordinari	Fuel / electric.	Mant. mitja vida	Cotxeres CAPEX (assignat segons unitats busos)	Cotxeres mant. (assignat segons unitats busos)	TOTAL TCO	TOTAL per BUS	TOTAL per KM
Dièsel articulat				N/A					
Dièsel estàndard	20.169.745 €	31.889.397 €	20.661.551 €	743.472 €	528.216 €	473.705 €	74.466.086 €	1.079.219 €	1,599 €
Dièsel midi	1.234.008 €	4.401.315 €	1.876.871 €	72.633 €	76.553 €	68.653 €	7.730.033 €	773.003 €	1,394 €
Híbrid-dièsel articulat	62.868.217 €	78.183.290 €	41.356.578 €	1.443.844 €	1.025.811 €	919.948 €	185.797.689 €	1.386.550 €	2,054 €
Híbrid-dièsel estàndard	36.562.661 €	42.598.663 €	28.864.515 €	1.292.995 €	918.637 €	823.834 €	111.061.305 €	925.511 €	1,371 €
Híbrid-dièsel MIDI	4.787.732 €	3.103.294 €	1.823.183 €	116.213 €	122.485 €	109.845 €	10.062.752 €	628.922 €	1,542 €
GAS articulat	46.105.400 €	59.575.092 €	44.770.746 €	1.467.822 €	910.982 €	816.969 €	153.647.011 €	1.291.151 €	2,049 €
GAS estàndard	55.785.390 €	65.389.148 €	53.369.030 €	2.269.573 €	1.408.577 €	1.263.212 €	179.484.930 €	975.462 €	1,548 €
Híbrid-GNC articulat	14.490.753 €	7.498.591 €	10.503.791 €	431.712 €	267.936 €	240.285 €	33.433.068 €	955.231 €	1,516 €
Híbrid-GAS estàndard	26.217.253 €	22.480.515 €	20.229.266 €	1.048.444 €	650.701 €	583.549 €	71.209.729 €	837.762 €	1,330 €
TOTAL renovació	268.221.159 €	315.119.305 €	223.455.531 €	8.886.708 €	5.909.899 €	5.300.000 €	826.892.602 €	1.071.104 €	1,665 €

ESCENARI 2 · SUBSTITUCIÓ PER AUTOBUSOS ELÈCTRICS

Tecnologia	CAPEX flota (inversió)	Mant. ordinari	Fuel / electric.	Mant. mitja vida	Cotxeres CAPEX (assignat segons unitats busos)	Cotxeres mant. (assignat segons unitats busos)	TOTAL TCO	TOTAL per BUS	TOTAL per KM
Elèctric articulat	210.466.901 €	70.713.432 €	43.880.806 €	3.327.781 €	27.233.161 €	11.159.454 €	366.781.535 €	1.273.547 €	1,956 €
Elèctric estàndard	223.037.943 €	73.392.909 €	49.405.622 €	5.292.096 €	43.308.290 €	17.682.083 €	412.118.943 €	899.823 €	1,387 €
Elèctric MIDI	8.613.553 €	1.533.103 €	1.531.963 €	202.514 €	2.458.549 €	718.462 €	15.058.145 €	579.159 €	1,248 €
TOTAL substitució	442.118.397 €	145.639.444 €	94.818.391 €	8.822.391 €	73.000.000 €	29.560.000 €	793.958.623 €	1.028.444 €	1,599 €

Costos i beneficis ambientals



Emissions i pol·lució actual

Arrel de la informació proporcionada per TMB, la flota diesel, i gas natural, emet, en conjunt emissions de **NOx, PM i CO2**.

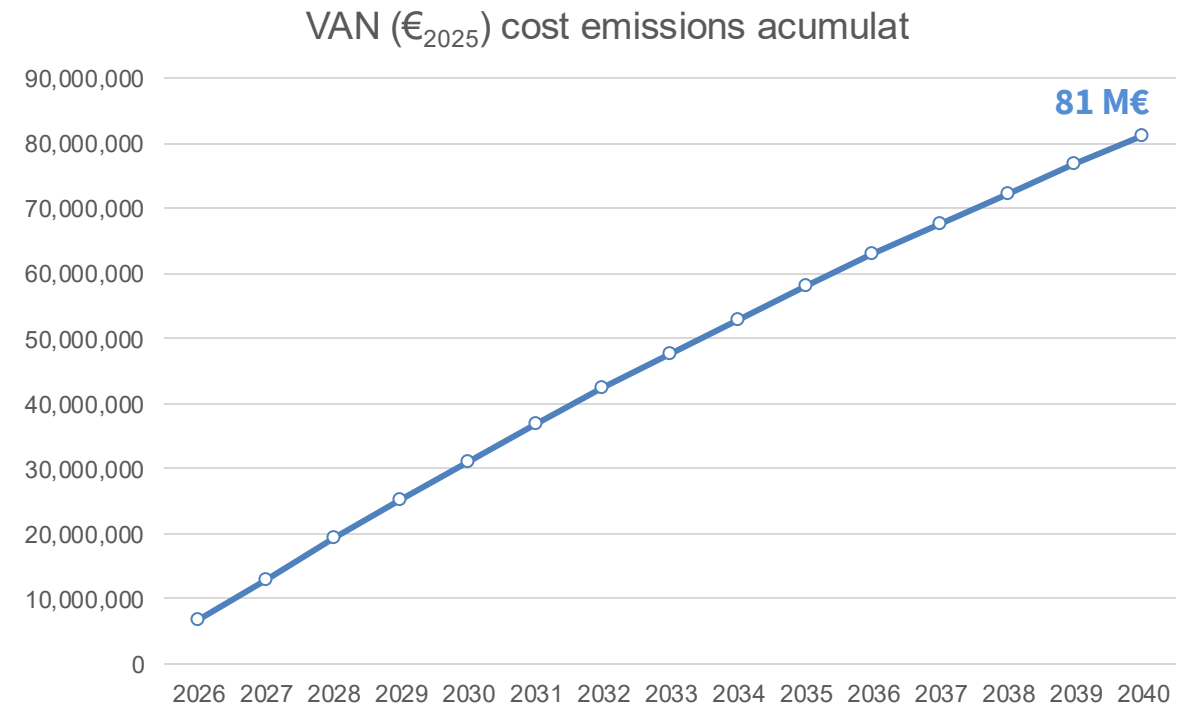
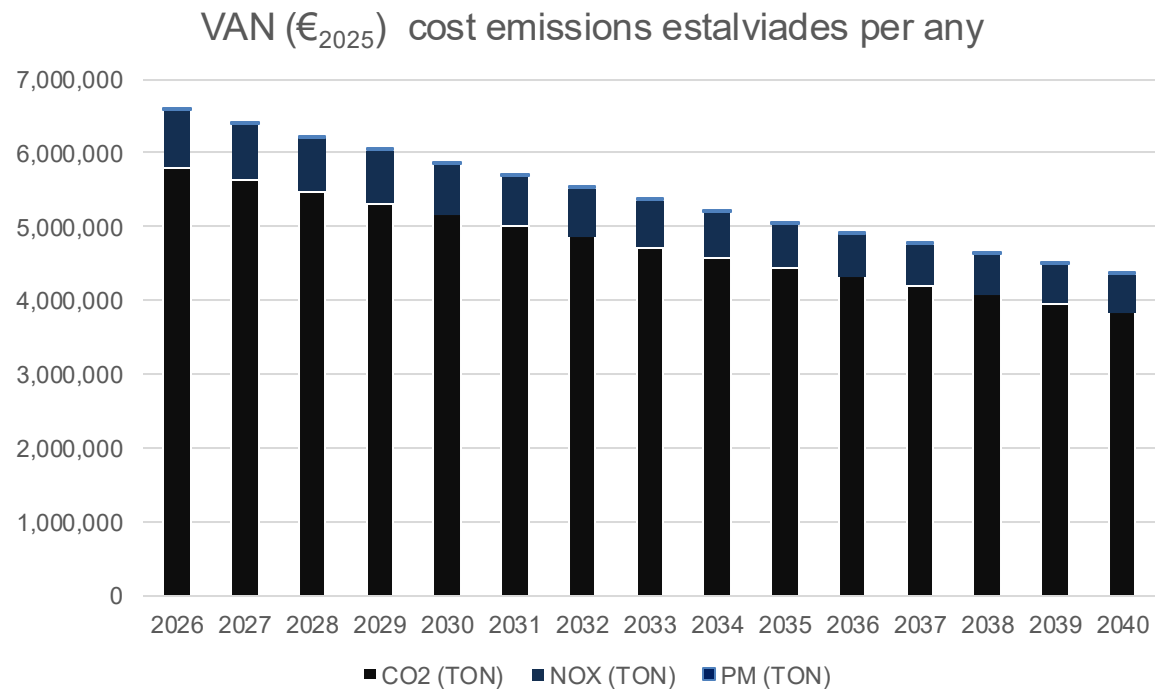
En base al **manual del SAIT** (Departament de Catalunya) es pot monetitzar quin seria l'estalvi anual si es reemplaçessin els autobusos gasoil i gas natural a elèctrics (assumint zero emissions associades per compra d'energia verda).

En aquest cas es destaca el major pes de les emissions per CO₂.

	Ton CO ₂	Ton NO _x	Kg PM
Bus elèctric	0	0	0
Bus gasoil	24.604,8	63,9	506,0
Bus hidrogen	0	0	
Bus gas natural	33.477,9	27,7	88,2
TOTAL EMISSIONS	58082,6 ton	91,7 ton	594,2 kg
Cost unitari segons SAIT	100 €/ton	8.500 €/ton	11.900 €/ton
TOTAL €	5.808.260 €/any	779.195 €/any	7.071 €/any

Valoració externalitats canvi climàtic i pol·lució

Projectant el cost social derivat de les emissions, el reemplaçament de la flota gasoil i gas natural equivaldria a un **cost social** valorat en **81 milions d'euros durant un període de 15 anys**.



Valoració socioeconòmica



Resum substitució electrificació completa

(Valoració a 15 anys)	Renovació actual	Substitució e-bus
Inversió en flota (772 busos)	268,2 M €	442,1 M €
Operació i manteniment de la flota	547,5 M €	249,3 M €
Subtotal material mòbil	815,7 M €	691,4 M €
Inversió en infraestructura de recàrrega	5,9 M €	73 M €
Manteniment infraestructura de càrrega	5,3 M €	29,6 M €
Total (flota i infraestructura)	826,9 M €	794,4 M €
CAE (Certificat estalvi energètic)	N/A	- 33,97 M €
Total impacte econòmic	826,9 M €	760,4 M €
Externalitats associades	+81 M €	-
Total impacte socioeconòmic	907,9 M €	760,4 M €

L'estalvi econòmic
ascendeix a 66M€

L'operació és viable
socioeconòmicament

Conclusions



Condicions per a la materialització de la viabilitat

A la llum de les anteriors hipòtesis i costos es determinen les condicions de viabilitat de la substitució per autobusos elèctrics

- La **viabilitat econòmica de l'electrificació** depèn de mantenir el **raci de substitució** proper a 1:1. —→ L'estudi assumeix aquest escenari base, però mostra que **passar a 1:1,1 incrementaria el cost global en prop de 28 M€ (+4,0%)**. Assegurar la licitació de vehicles de bateria suficient.
- Cal garantir que els autobusos elèctrics puguin cobrir **l'operativa diària amb càrrega nocturna** i amb una disponibilitat a taller igual o superior a la flota actual. —→ Si es confirma que els **e-busos passen menys hores fora de servei** (menor manteniment), fins i tot **es podria reduir la flota de reserva necessària**.
- Des del punt de vista contractual, és clau incloure la substitució de bateries dins la garantia o dins la licitació.** —→ Això **evita** haver **d'assumir** una **inversió extraordinària**. És una de les condicions principals perquè el TCO de l'opció elèctrica es mantingui favorable.
- El model és favorable perquè els majors costos inicials es compensen amb menors costos d'operació i manteniment.** —→ Això exigeix **sostenir en el temps els estalvis** energètics i de manteniment estimats
- Finalment, els **certificats CAE** (estalvi energètic) **fan decantar - encara més- la balança cap a l'escenari de substitució elèctric.**

Conclusions finals

- **En el període d'avaluació de 15 anys la substitució per autobús elèctric és viable econòmicament**, encara més a nivell socioeconòmic a causa de la reducció d'externalitats.
- L'electrificació desplaça cost de l'OPEX cap al CAPEX i resulta més econòmica en el conjunt del cicle de vida, resultant en un **estalvi de 66M€** a 15 anys.
- **El manteniment menor dels vehicles elèctrics** podria arribar a reduir la flota de reserva necessària.
- **TMB** ja ha realitzat un **procés d'aprenentatge amb l'experiència** que té **en l'operació i manteniment d'autobusos elèctric**, per tant ja ha assolit cert **grau de tecnificació** que pot optimitzar el temps de manteniment en l'electrificació completa.
- **La flota elèctrica és més robusta a variacions/volatilitat dels costos energètics.**

Costos de l'Electrificació de la Flota d'Autobusos de TMB



Transports Metropolitans
de Barcelona