

BARCELONA CENTRE LOGÍSTIC CATALUNYA

Descarbonització del Sector Transport Pesat

Data de redacció

Desembre 2025

Consultoria tècnica

Professionals participants

Patricia Piqué Flores

Dani Pérez Barberà

CONTINGUT

RESUM EXECUTIU 7
1. INTRODUCCIÓ 9
2. MARC LEGAL PER A LA DESCARBONITZACIÓ DEL TRANSPORT PESAT 11
2.1. RD 214/2025. Registre de la Petjada de Carboni 11
2.1.1. Classificació de les emissions i aplicació al sector transport 12
2.1.2. Objectius de Reducció Obligatoris 15
2.1.3. Repercussions en la cadena de subministrament i relacions comercials 15
2.2. Llei de Mobilitat Sostenible: marc legal per al transport de mercaderies i el sector logístic 17
2.2.1. Principis bàsics per al transport de mercaderies i la logística 17
2.2.2. Obligacions de planificació i mobilitat corporativa per a empreses logístiques 18
2.2.3. Instruments per a la descarbonització i la renovació de flota 19
2.2.4. Digitalització del control del transport 20
2.2.5. Impacte estratègic per al sector logístic i de transport pesat 20
2.3. Zones de baixes emissions ZBEs 22
2.3.1. Impacte de les zones de baixes emissions sobre el sector transport 23
2.4. Nou ETS2 i afectació al transport per carretera 24
2.4.1. Impacte del ETS2 en el cost operatiu del transport i la logística 24
3. TECNOLOGIES DE DESCARBONITZACIÓ 27
3.1. Estat de l'art del mercat de la descarbonització del transport 28
3.1.1. Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) 28
3.1.2. Vehicles Zero Emissions 29
3.2. Eficiència energètica segons combustible 36
3.3. Petjada de Carboni per tecnologia 38
3.4. Cost energètic estimat (€/km) 40
4. DESCARBONITZACIÓ DE LA FLOTA 45
4.1. Guia per a la descarbonització 45
4.2. Exemple d'anàlisi comparatiu 47
4.3. Cas d'èxit 55
5. BARRERES A SUPERAR 57
5.1. Cost inicial elevat i incertesa sobre el TCO 57
5.2. Infraestructura de recàrrega pública d'alta potència insuficient i poc fiable 58
5.3. Limitacions i incertesa sobre la capacitat de la xarxa elèctrica 59
5.4. Infraestructura d'hidrogen molt incipient 60
5.5. Oferta limitada i incertesa tecnològica per al llarg recorregut 62
5.6. Barreres operatives: autonomia, temps de recàrrega i payload 62

5.7. Estructura del sector: atomitzat, envellit i marges estrets 63
5.8. Marc regulador i fiscal percebut com a complex i poc estable 64
5.9. Competència d'alternatives "incrementals" (biofuels, megacamions, 44 t) 64
6. NOVES OPORTUNITATS 67
7. COMUNITATS ENERGÈTIQUES I HUBS LOGÍSTICS: DUES PALANQUES COMPLEMENTÀRIES 69
7.1. Beneficis d'una comunitat energètica per a la descarbonització del transport pesant 69
7.2. Potencial dels hubs logístics com a "hubs energètics" per al territori 70
8. IMPULS A LA DESCARBONITZACIÓ 73
9. CONCLUSIONS 75
10. REFERÈNCIES 79
11. ACRÒNIMS 81

Índex de taules

Taula 1 Llistat de rutes exemple cas pràctic. 47
Taula 2 Característiques vehicles elèctrics exemple cas pràctic. 47
Taula 3 Característiques vehicles hidrogen exemple cas pràctic. 48

Índex de figures

Figura 1 Etiqueta registre Nacional Petjada de Carboni. 11
Figura 2 Obligacions a empreses RD 214/2025 de Registre de Petjada de Carboni. 12
Figura 3 Classificació d'emissions de CO_2 i grau d'afectació al sector del transport pesat i logística. 15
Figura 4 Repercussió de les emissions en la cadena de subministrament. 16
Figura 5 Transport de mercaderies com a servei indispensable. 17
Figura 6 Obligacions de planificació Llei de Mobilitat Sostenible. 18
Figura 7 Instruments Llei de Mobilitat Sostenible. 19
Figura 8 Digitalització del control del transport. Llei de Mobilitat Sostenible. 20
Figura 9 Zones de baixes emissions vigents (en verd) i en tràmit (en blau). Desembre 25. 22
Figura 10 Règim Europeu de comerç de drets d'emissions EU-ETS i EU-ETS-2. 24
Figura 11 – Evolució del Preu tC02 a desembre de 2025. 25
Figura 12 Projeccions del cost de drets d'emissió en €/Tona CO_2 i impacte econòmic sobre el cost del combustible. 25
Figura 13 Classificació vehicles baixes emissions segons Reglament (UE) 2019/1242 del Parlament Europeu i del Consell. 27
Figura 14 Preus de subministrament a Europa de l'HVO a agost de 2025. 29
Figura 15 Evolució models de vehicles BEV a Europa. 30
Figura 16 Evolució models de vehicles FCEV a Europa. 30
Figura 17 Models de vehicles BEV a Europa segons km d'autonomia. 31
Figura 18 Models de vehicles FCEV segons km d'autonomia. 31
Figura 19 Models de vehicles BEV segons km d'autonomia i pay load. 32
Figura 20 Models de vehicles FCEV segons km d'autonomia i pay load. 32
Figura 21. Evolució del % de la quota de mercat de vehicles pesants ZEV a Europa 33

Figura 22. Quota de mercat de vehicles pesants ZEV a Europa tercer trimestre 2025. Distribució per països 34
Figura 23 Evolució 2015-2024 de la flota de vehicles de classificació N2 i N3 a Europa amb tecnologia FCEV. 34
Figura 24 Evolució de la quota de matriculació de vehicles industrials electrificats a Espanya per tecnologia 2021-2024 35
Figura 25 Quota de matriculació de vehicles industrials a Espanya per segment. 2024. 35
Figura 26 Detall de comparativa d'eficiències en % de diferents tecnologies de vehicles. 36
Figura 27 Eficiència energètica en kWh/km segons tecnologia de vehicle. 36
Figura 28 Eficiència energètica en % segons tecnologia de vehicle. 37
Figura 29 Tres principals tipologies d'hidrogen. 38
Figura 30 Repercussió del consum d'energia en els Abastos de petjada de CO_2 segons tipologia de vehicle. 39
Figura 31 Emissions de diferents tecnologies de vehicle pesant i reducció respecte al gasoil tenint en compte el cicle de vida del vehicle. 39
Figura 32 Comparativa de TCO's de diferents tecnologies per a dos tipologies de vehicles pensants. 40
Figura 33 Preu d'equilibri de l'Hidrogen per a camions pesants per país. 41
Figura 34 Escenaris d'evolució de TCO's de diferents tecnologies per a dos tipologies de vehicles pensants. 42
Figura 35 Rati del cost energètic BEV-Combustió Gasoil per països. Turismes i furgonetes 43
Figura 36 Guia per a la descarbonització de la flota. 45
Figura 37 Comparativa entre energia i km rutes vs. Autonomia vehicles elèctrics. 48
Figura 38 Comparativa entre km rutes vs. Autonomia vehicles hidrogen. 48
Figura 39 Temps de conducció i servei acumulat combinació de rutes exemple cas pràctic. 50
Figura 40 Energia i km acumulats combinació de rutes exemple cas pràctic. Comparativa amb models vehicle elèctric 50
Figura 41 km acumulats combinació de rutes exemple cas pràctic. Comparativa amb models vehicle hidrogen. 51
Figura 42 CAPEX i OPEX escenaris analitzats. 52
Figura 43 Estalvi econòmic en % respecte escenari gasoil 52
Figura 44 VAN I TIR escenaris analitzats 53
Figura 45 TCO escenaris. 53
Figura 46 Preu d'equilibri del gasoil en els escenaris estudiats. 54
Figura 47 Estalvi d'emissions en % respecte escenari gasoil. 54
Figura 48 Previsió de l'evolució del preu del pack de bateries en $/kWh. 2024-2030 previsions 57
Figura 49 Ubicacions de recàrrega amb carregadors per camions (HDV) amb i sense càrrega 350kW per països 58
Figura 50 Estacions de recàrrega dedicades a camions.per països 59
Figura 51 Situació actual de capacitat d'accés i connexió a la xarxa elèctrica 60
Figura 52 Evolució d'estacions de recàrrega d'hidrogen a Europa. 61
Figura 53 Estacions de recàrrega d'hidrogen per país a la UE. 61
Figura 54 Oferta actual de camions elèctrics. 62
Figura 55 Distribució d'empreses del sector transport de mercaderies per carretera per nombre de treballadors 63

RESUM EXECUTIU

Aquest informe té com a finalitat ajudar el sector del transport pesant a transformar la descarbonització en una decisió empresarial informada i executable, abordant-la com un projecte integral que connecta normativa, tecnologia i realitat operativa (costos, servei, actius, energia i relació amb clients). L'enfocament parteix d'un diagnòstic del context que obliga a actuar, ordena les alternatives disponibles i concreta com desplegar el canvi amb criteri, identificant barreres, oportunitats i palanques d'acceleració dins del propi ecosistema logístic.

En l'àmbit regulatori, el document destaca que la descarbonització deixa de ser una iniciativa opcional per convertir-se en un requisit creixentment verificable i exigible. El marc del registre de petjada de carboni i els objectius associats incrementen la pressió perquè les empreses mesurin, redueixin i comuniquin emissions, amb efectes directes sobre la competitivitat i l'accés al mercat (incloent-hi requisits de clients i licitacions). En paral·lel, s'incorporen instruments que afecten l'operativa (com les zones de baixes emissions) i l'ETS2, que introdueix un preu explícit del CO_2 en el transport per carretera a partir de 2027, reforçant la internalització del cost climàtic en l'explotació quotidiana.

Des del punt de vista tecnològic i de planificació, l'informe planteja que un estudi de descarbonització de flota ha de combinar anàlisi tècnica, modelització operativa, avaluació econòmica, valoració ambiental i planificació per fases (prioritzant rutes), incorporant també la dimensió energètica (potència disponible, infraestructures i opcions de subministrament energètic renovable i emmagatzematge). L'exercici comparatiu d'escenaris mostra que es poden obtenir reduccions d'emissions molt rellevants (aprox. 72%–100%) i estalvis econòmics en diversos casos, però també que, a dia d'avui, determinats escenaris basats en hidrogen poden quedar penalitzats per l'elevat cost d'aquest vector energètic, en canvi, el vehicle elèctric és especialment competitiu quan es combina amb recàrrega pròpia i una estratègia de subministrament robusta (incloent-hi opcions renovables).

Tanmateix, el document subratlla que les barreres són sistèmiques: CAPEX inicial elevat, incertesa sobre el TCO (volatilitat de preus de l'energia, costos de potència, valor residual dels vehicles) i, sobretot, la dificultat d'accés a la xarxa de distribució elèctrica. Per això, per a accelerar la transició es requereix una reducció de costos i, simultàniament, una reducció de la incertesa i el risc del desplegament, coordinant totes les àrees, logística, energia i administració.

Sota aquest context, l'informe identifica oportunitats i palanques d'alt impacte basades en enfocaments col·laboratius i orientats a escala. Les comunitats energètiques (en el marc d'autoconsum col·lectiu) i els *hubs* logístics poden desbloquejar colls d'ampolla de caire energètic, per exemple, estabilitzant i reduint el cost del kWh, gestionant limitacions de potència disponible i reduint la dependència d'una xarxa de recàrrega pública d'alta potència encara insuficient per al transport pesant.

Finalment, es proposen mesures d'impuls des del propi sector: formació específica (conducció eficient, planificació de recàrrega, interpretació de dades) i un model de mesura i verificació de petjada de CO_2, integrant *Fleet Management* i *Transit Management* amb una capa d'IA per simular consums, rutes i assignacions òptimes vehicle–ruta–conductor per minimitzar emissions sense comprometre el servei ofert.

La descarbonització del transport pesant no és una simple substitució de vehicles, sinó un redisseny del sistema que es farà efectiva quan es planifiqui com un model integrat i escalable, i no com una suma d'iniciatives aïllades.

1. INTRODUCCIÓ

Aquest informe neix amb un propòsit clar: ajudar el sector del transport pesant a convertir la descarbonització en una decisió empresarial informada i executable, i no en un exercici abstracte condicionat per titulars o per la inèrcia normativa. La transició cap a operacions de baixes emissions afecta el cor del negoci, costos, servei, actius i relació amb client, i per tant, requereix d'una lectura integrada que connecti normativa, tecnologia i realitat operativa. Per això, el document s'estructura de manera ordenada tractant aquest tres punts bàsics. Primer fixa el context normatiu que obliga a avançar cap a la descarbonització, per després descriure les alternatives tecnològiques disponibles i analitzar-ne la viabilitat des d'un exemple pràctic. Finalment, conclou en com es pot aconseguir el canvi amb criteri, identificant les barreres, les oportunitats i les palanques que poden accelerar-lo des del propi sector logístic.

Així, el capítol 2 obre el relat situant la descarbonització en el terreny on avui es decideix la competitivitat, el marc legal i les seves conseqüències pràctiques. No es tracta només d'un conjunt de normes, sinó d'un canvi de joc que transforma les emissions de gasos d'efecte hivernacle en una variable verificable i exigible, i que pot condicionar tant l'accés a determinats entorns com la manera de reportar, contractar i operar. En aquesta s'explica per què, a partir d'ara, mesurar i reduir CO_2 deixa de ser una iniciativa opcional per convertir-se en un requisit que afecta la planificació de flota i l'estratègia comercial.

A continuació, el capítol 3 exposa l'estat de l'art de la tecnologia en l'àmbit de la descarbonització del transport pesant. El seu objectiu és oferir una lectura útil per a la presa de decisions, entendre què aporta cada opció, quins requisits demana i en quin tipus de servei encaixa millor. La tecnologia més adient dependrà de les rutes, patrons d'ús, autonomia efectiva, disponibilitat d'energia i maduresa d'infraestructura.

El capítol 4 transforma el debat a aplicació pràctica. L'objectiu és mostrar com es pot abordar la descarbonització de la flota com un projecte amb fases, criteris i governança, integrant l'anàlisi econòmica amb el funcionament diari de l'operació. Aquesta secció planteja una manera d'avaluar i prioritzar rutes, dimensionar necessitats i reduir riscos abans d'escalar decisions d'inversió.

Seguidament, en el capítol 5 s'introdueix el que separa l'ambició de la realitat, és a dir es descriuen les principals barreres en les que es troba el repte de descarbonitzar el transport pesant. L'objectiu no és enumerar obstacles, sinó explicar per què la transició pot quedar atrapada en friccions simultànies, com la dificultat de finançament, la incertesa de costos totals, la disponibilitat de recursos de potència, el ritme lent de creixement d'infraestructura i l'impacte sobre la productivitat. Tot això, en un sector de marges estrets, pot paralitzar decisions fins i tot quan la direcció estratègica és clara. Entendre aquestes barreres amb precisió és imprescindible perquè les mesures d'impuls tinguin sentit i perquè els actors implicats puguin prioritzar on intervenir primer.

Després d'aquest exercici d'anàlisi de la realitat en el capítol 6 es mostra que la descarbonització no és només una exigència externa, sinó també una font que aporta avantatge competitiu quan s'integra bé, ja que pot reforçar la proposta de valor davant clients que demanen traçabilitat i emissions reduïdes, i pot millorar la previsió de costos energètics en determinats escenaris. En aquest punt, l'informe planteja la transició com una oportunitat de reposicionament i d'innovació del servei, no com un peatge inevitable.

El capítol 7 entra en una de les peces més determinants del trencaclosques, el desplegament estratègic d'infraestructura energètica, i el paper que poden jugar les comunitats energètiques i els *hubs* logístics. L'objectiu és demostrar que electrificar el transport pesant no és només substituir vehicles, sinó assegurar un subministrament d'energia robust i competitiu. Això sovint s'assoleix millor amb enfocaments col·laboratius i de concentració d'activitat. Aquesta secció

presenta aquests models com una manera de guanyar escala, flexibilitat i resiliència, compartint recursos, aprofitant generació pròpia i gestionant la demanda de manera més intel·ligent

En la següent secció, es planteja com el propi sector pot accelerar el canvi mentre les polítiques públiques continuen evolucionant. L'objectiu és recollir palanques d'impuls que no depenen exclusivament de subvencions i que aplicades de manera coordinada redueixen el risc. Millores en la gestió i l'operació, formació i conducció eficient i una integració més madura de la descarbonització dins la gestió de flota són algunes d'elles. En aquest marc, la digitalització es presenta com un accelerador real, perquè converteix la incertesa en la planificació i el compromís en rendiment mesurable. S'inclouen també les mesures fiscals que ajuden a alinear incentius i costos amb els objectius de reducció d'emissions.

Finalment, el capítol 9 tanca l'informe amb una síntesi del document orientada a la presa de decisions. El seu objectiu és deixar una lectura clara i entenedora de quins elements són realment crítics, quines seqüències de desplegament tenen més sentit i quines condicions facilitadores no es poden ignorar. Cal entendre la descarbonització com un redisseny del sistema que inclou els vehicles, les necessitats energètiques i d'infraestructura, el recull de dades i la operació. Des d'aquesta mirada, es poden identificar les prioritats que permeten passar del diagnòstic a la implementació amb coherència i amb ambició realista.

2. MARC LEGAL PER A LA DESCARBONITZACIÓ DEL TRANSPORT PESAT

2.1. RD 214/2025. Registre de la Petjada de Carboni

El 12 d'abril de 2015 es va publicar al BOE el *Real Decreto 214/2025 de 18 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono y por el que se establece la obligación del cálculo de la huella de carbono y de la elaboración y publicación de planes de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.* Aquest Reial Decret, en vigor des del 12 de juny de 2025, estableix un nou marc legal per al càlcul, inscripció i reducció de la petjada de carboni a Espanya. Aquest reial decret que substitueix l'antic *Real Decreto 163/2014*, representa un avanç fonamental en la regulació de la descarbonització empresarial, i repercuteix de manera rellevant en el sector logístic i del transport pesat.

El reial decret crea i marca les regles del **Registre Nacional de Petjada de Carboni, Compensació i Projectes d'Absorció de Diòxid de Carboni**, gestionat pel Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic (MITECO).

El Registre reconeix els esforços d'organitzacions en el càlcul i la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle que genera la seva activitat. A la vegada, els facilita la possibilitat de compensar tota o part de la seva petjada de carboni, mitjançant una sèrie de projectes forestals situats al territori nacional. En funció de a quina secció o seccions es realitzi el registre i si s'han assolit reduccions de petjada respecte a anteriors registres, les empreses obtindran una identificació que indica el grau de participació.



Figura 1 Etiqueta registre Nacional Petjada de Carboni.

FONT. Miteco

Tot i que el registre és voluntari, el RD214/2025 si que obliga a les grans empreses i a entitats públiques a calcular, comunicar i reduir les seves emissions. Pel que fa a empreses, es consideren subjectes obligats les empreses a les quals els hi aplica l'obligació d'informar sobre aspectes no financers, d' acord amb el l'article 49.5 del Codi de Comerç, i l'article 262.5 del text refós de la Llei de societats de capital

Això aplica, avui dia, a totes aquelles societats amb més de 250 treballadors que o bé tinguin la consideració d'entitats d'interès públic o bé que durant dos exercicis consecutius reuneixin almenys una de les circumstàncies següents:

- Que el total de les partides de l' actiu sigui superior a 20.000.000 d' euros.
- Que l' import net de la xifra anual de negocis superi els 40.000.000 d'euros.

Les empreses logístiques que compleixen els requisits i els grups empresarials consolidats que operen en el transport de mercaderies queden per tant subjectes a les obligacions del RD que inclouen:

1. **Calcular anualment** la seva petjada de carboni en Abast 1 i 2 com a mínim, amb cobertura del 95% de les seves emissions en aquests abastos.

2. **Elaborar un pla de reducció** amb un horitzó temporal mínim de **cinc anys** que inclogui objectius quantificats i mesurables de reducció amb fites anuals.
3. **Publicar la informació** de manera accessible i gratuïta en el seu portal d'internet, com a part de l'Informe de Sostenibilitat no Financer de l'empresa.
4. **Voluntàriament registrar el càlcul de la petjada i del pla** en el Registre Nacional de Petjada de Carboni

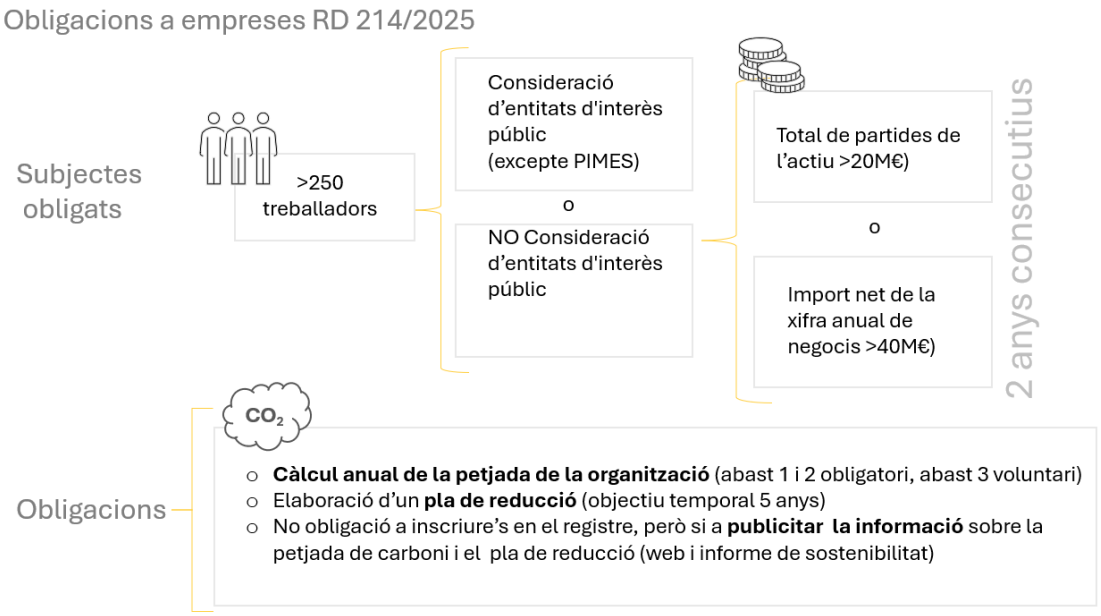


Figura 2 Obligacions a empreses RD 214/2025 de Registre de Petjada de Carboni.

FONT. Elaboració pròpia

2.1.1. Classificació de les emissions i aplicació al sector transport

El *Registro de Huella de Carbono* adopta la classificació d'emissions de CO_2 estàndard del GHG Protocol, que divideix les emissions en tres tipus d'abast diferenciats. La comprensió clara d'aquesta estructura és essencial per aplicar correctament la norma al sector logístic. Les emissions es classifiquen en emissions directes (abast 1) i emissions indirectes (abast 2 i 3).

- ***Abast 1: Emissions Directes***

Les emissions d'abast 1 inclouen les **emissions directes** que procedeixen de fonts que posseeix o controla el subjecte que genera l'activitat (combustió de calderes, flota de vehicles, processos químics, fuites dels gasos refrigerants...)

Per al sector de transport pesat i logística, les emissions de l'Abast 1 són especialment significatives i comprenen fonamentalment:

- **Combustió mòbil**: Emissions procedents dels combustibles fòssils (gasoli, gasolina, gas natural, biocombustibles) utilitzats en vehicles de la flota pròpia de l'empresa, inclosos camions, furgonetes, tractores i remolcs.

- **Combustió fixa**: Emissions dels sistemes de calderes per a calefacció i aigua calenta, en instal·lacions pròpies (centres logístics, magatzems, oficines, plataformes de càrrega).
- **Emissions fugitives**: Fuites involuntàries de gasos en les operacions de manteniment o explotació. Aquestes fuites inclouen les fuites de gasos refrigerants dels sistemes de climatització i producció de fred. Aquestes fuites poden tenir lloc en les instal·lacions pròpies o en camions refrigerats. Aquestes emissions són rarament significatives en el sector logístic.

Per a les empreses de transport pesat, el consum de combustible dels vehicles representa típicament la major part de les emissions de l'Abast 1. Això inclou tant els viatges de llarga distància com el transport regional des de centres de distribució. Les empreses han de calcular aquestes emissions basant-se en:

- Dades de combustible adquirit (litres)
- Quilòmetres recorreguts per tipus de vehicle i consum promig per vehicle
- Factors d'emissió publicats per l'Oficina Espanyola de Canvi Climàtic o publicats en bases de dades d'estàndards de càlcul (GHG Protocol, UNE-EN ISO 14064-1)

Obligatorietat: El càlcul de l'abast 1, així com l'abast 2 és **obligatori** per a totes les empreses subjectes al RD 214/2025. Només podran excloure's aquelles fonts no significatives d'abast 1 i 2 (menys del 5% del total de les emissions d'abast 1 i 2). En el cas d'inscripció al registre, segons els RD214/2025 les emissions d'abast 1 cal que siguin certificades i verificades per entitat acreditada si els factors d'emissió utilitzats no ho estan publicats per la OECC (Oficina Espanyola de Canvi Climàtic) o si no es tracta de PIMES associacions, fundacions, cooperatives o administracions públiques.

- ***Abast 2: Emissions indirectes per consum energètic***

Les emissions d'abast 2 comprèn **les emissions indirectes derivades de l'adquisició d'energia, tant elèctrica com energia tèrmica provinent de xarxes de calor-fred (vapor, aigua calenta, aigua freda)**. Encara que aquestes emissions es generen en les instal·lacions del proveïdor energètic, es comptabilitzen pel consumidor final que és responsable del seu consum.

Per al sector logístic, les emissions de l'Abast 2 procedeixen principalment de:

- **Electricitat consumida en centres logístics:** Il·luminació, sistemes de climatització i ventilació, instal·lacions de producció de fred i sistemes de gestió automàtica de magatzems.
- **Energia consumida en oficines i instal·lacions administratives:** Sistemes de climatització i ventilació, il·luminació i ofimàtica.
- **Energia consumida en punts de recàrrega de vehicles elèctrics:** A mesura que augmenta la flota electrificada, aquesta font anirà adquirint major importància.
- **Energia consumida en l'electròlisi per a generació d'hidrogen:** Si existeix flota de vehicles d'hidrogen i es genera l'hidrogen en les instal·lacions pròpies.

Aquestes emissions es calculen en funció de les dades de consum d'energia consumida que s'extreu de les factures elèctriques i els factors d'emissió associats al mix de generació de la xarxa elèctrica o a cada comercialitzadora específica.

La descarbonització de l'abast 2 és relativament accessible contractant la compra d'energia elèctrica renovable, ja sigui a través de comercialitzadora 100% verda o sol·licitant les Garanties d'Origen GdO's de l'energia adquirida.

Obligatorietat: Com ja comentat, el càlcul de l'abast 2 és **obligatori** per a totes les empreses subjectes al RD 214/2025. Només podran excloure's aquelles fonts no significatives d'abast 1 i 2 (menys del 5% del total de les emissions d'abast 1 i 2). En el cas d'inscripció al registre, segons els RD214/2025 les emissions d'abast 2 cal que siguin certificades i verificades per entitat acreditada si els factors d'emissió utilitzats no ho estan publicats per la OECC (Oficina Espanyola de Canvi Climàtic) o si no es tracta de PIMES associacions, fundacions, cooperatives o administracions públiques.

- ***Abast 3: Altres emissions indirectes***

Les emissions d'abast 3 inclouen **totes les altres emissions indirectes no incloses en l'abast 2**, producte de l'activitat de la organització, però que provenen de fonts que no són posseïdes o controlades per aquesta. Aquestes emissions inclouen:

- **Transport contractat a tercers**: Subcontractació de serveis de transport, distribució o logística.
- **Viatges de negocis:** Desplaçaments dels empleats no realitzats amb la flota pròpia.
- **Bens comprats per la organització:** emissions derivades de la producció de productes comprats per la organització
- **Disposició de residus**: Tractament de residus generats a la organització.
- **Emissions de la cadena de subministrament:** emissions derivades les activitats dels proveïdors de matèries primeres i serveis.
- **Emissions del cicle de vida:** emissions derivades de l'ús de productes produïts i venuts per la organització. En el cas d'empreses de transport pesat i logística aquestes emissions són nul·les.

Obligatorietat: L'Abast 3 és de caràcter **voluntari** segons el RD214/2025, però la normativa europea (Directiva sobre Informació de Sostenibilitat Corporativa - CSRD) ja exigeix l'inventari de l'abast 3 per a empreses obligades a partir de 2028. Per a empreses del sector logístic, la inclusió d'Abast 3 és recomanable per a una gestió integral de riscos climàtics i per a l'alineació amb tendències reguladores futures. En cas d'inscripció al registre, segons el RD214/2025 les emissions d'abast 3 calculades requereixen d'un certificat i informe de verificació emès per a entitat acreditada, excepte quan la OECC hagi publicat els factors d'emissió utilitzats i es tracti de petites empreses, microempreses o administració pública.

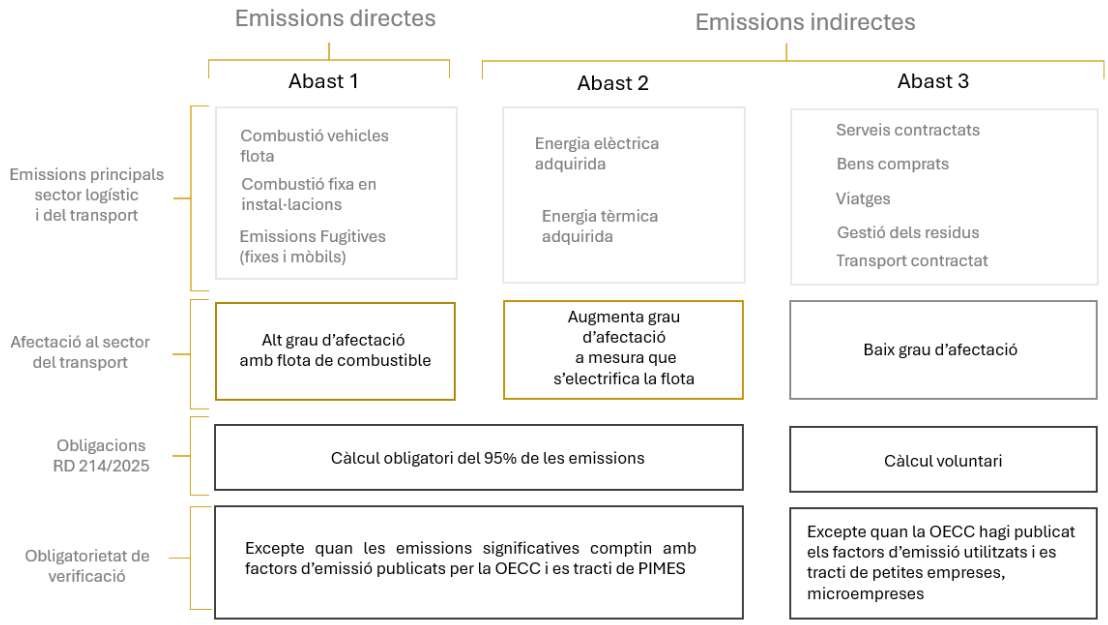


Figura 3 Classificació d'emissions de CO_2 i grau d'afectació al sector del transport pesat i logística.

FONT. Elaboració pròpia

2.1.2. Objectius de Reducció Obligatoris

El pla de reducció ha d'estar alineat amb els compromisos climàtics de l'Acord de París i el Pacte Verd Europeu. Això implica:

- **Reducció mínima del 4,2% anual** en termes absoluts per als abasts 1 i 2 durant els primers cinc anys (metodologia SBTi - *Science Based Targets initiative*), equivalent a aproximadament un **-20% en 2030** respecte als nivells base.
- **Alineació amb la neutralitat climàtica en 2050**, amb un objectiu intermedi de reducció del **-55% en 2030** respecte als nivells de 1990.

Per al sector de transport pesat, aquests objectius són especialment exigents donat que impliquen la transformació de la flota cap a vehicles de menor emissió o propulsió alternativa.

2.1.3. Repercussions en la cadena de subministrament i relacions comercials

Tal com s'ha comentat, les emissions associades a les flotes de vehicles poden ser considerades d'abast 1 si qui realitza el càlcul de la petjada és l'empresa de transport propietària del vehicles o d'abast 3 si qui realitza el càlcul és la organització que contracta els serveis de logística. En aquest sentit, empreses dedicades al transport de mercaderies poden veure's pressionades per grans empreses, especialment multinacionals, a reduir les seves emissions, ja que aquestes empreses comencen a exigir reducció d'emissions en la cadena de subministrament, incloent-hi les del transport contractat. Per tant, les empreses logístiques que implementin plans de reducció d'emissions obtindran avantatges competitiu en mercats amb demanda creixent de serveis descarbonitzats. De la mateixa manera, les empreses que no controlin el seu impacte climàtic

integral podem veure's excloses de licitacions públiques o contractes amb grans empreses subjectes a regulació de riscos climàtics.



Figura 4 Repercussió de les emissions en la cadena de subministrament.

FONT. Elaboració pròpia

Així doncs, el RD 214/2025 marca un punt d'inflexió en la regulació de la descarbonització del transport pesat a Espanya, convertint les obligacions de mesura, reducció i comunicació de la petjada de carboni en requisits legals inqüestionables per a grans empreses logístiques. La clara diferenciació entre abastos d'emissió, especialment la predominança de l'abast 1 en el sector, permet a les empreses dirigir els seus esforços cap a les opcions amb més impacte en el curt i mig termini, l'electrificació de la seva flota, l'optimització de rutes i l'adopció de propulsió alternativa. La materialització d'objectius de reducció requereix d'estratègies ambicioses i inversions significatives, però també ofereix oportunitats de diferenciació competitiva en un mercat cada vegada més exigent amb la sostenibilitat.

2.2. Llei de Mobilitat Sostenible: marc legal per al transport de mercaderies i el sector logístic

El 4 de desembre de 2025, es va publicar al BOE *la Ley 9/2025, de 3 de diciembre, de Movilidad Sostenible*. Aquesta llei articula instruments[1] de planificació, governança, finançament i innovació per transformar el model de transport a Espanya. En concret, dedica el Títol VI a la millora de competitivitat en el transport de mercaderies i la logística. Per a una empresa de transport pesat, la norma no és només un marc "verd" de principis si no que introdueix noves categories jurídiques i exigeix decisions estratègiques sobre flota, infraestructura i organització de la mobilitat corporativa alineades amb objectius de descarbonització i eficiència.

2.2.1. Principis bàsics per al transport de mercaderies i la logística



Figura 5 Transport de mercaderies com a servei indispensable.

FONT. Elaboració pròpia amb imatge del Ministeri de Transport i Mobilitat sostenible

Es reconeix el transport de mercaderies com a peça estructural del sistema productiu i del sistema de mobilitat. Es qualifica la logística i les seves infraestructures com a elements bàsics per garantir l'abastiment de béns i matèries primeres en terminis raonables, la qual cosa reforça el posicionament del sector en la negociació amb administracions i en la priorització d'inversions públiques en corredors, accessos i aparcaments per a camions. Aquest reconeixement proporciona la base per defensar la necessitat d'una planificació d'infraestructures coherent amb els fluxos reals de mercaderies i els requeriments de competitivitat del teixit empresarial.

La Llei atorga també un rol central als nodes logístics i centres de distribució, que passen a ser planificats des d'una òptica multimodal i amb possibilitat de ser declarats d'importància estratègica estatal. Per a operadors i carregadors, estar físicament implantats o ben connectats a aquests macronodes (ports, terminals ferroviàries, grans plataformes intermodals) pot convertir-se en una font d'avantatge competitiva, tant per l'accés preferent a programes d'ajuda com per la capacitat d'oferir serveis integrats amb millor intermodalitat.

Es qualifica el transport de mercaderies com a servei essencial, especialment en situacions de crisi, i obliga a les administracions a garantir la continuïtat del servei. Això implica que, en episodis de pandèmia, talls de subministrament o emergències energètiques, es poden establir obligacions operatives i prioritzacions, però alhora consolida el discurs de que el sector s'ha de considerar infraestructura crítica que ha de tenir accés preferent a energia, corredors i mesures

[1] *Documento de Orientaciones para la Movilidad Sostenible, DOMOS i l'Espacio de Datos Integrado de Movilidad, EDIM*

de suport econòmic. Per a la direcció de negocis logístics, aquesta condició reforça la legitimitat per reclamar tractament singular en ZBE, passos fronterers o restriccions temporals de trànsit.

Finalment s'impulsa el transport ferroviari de mercaderies i la intermodalitat, amb instruments com autopistes ferroviàries en corredors estratègics, bonificació de cànons i programes de suport al sector ferroviari. El Govern haurà d'associar aquests instruments a objectius de reducció de GEH fins a 2030, en el marc del programa "Mercancías 30", que busca augmentar la quota ferroviària. Això obliga els operadors de carretera a replantejar la seva proposta de valor: el ferrocarril deixa de ser competència pura i passa a ser un soci imprescindible en solucions road–rail demandades per grans clients i licitacions amb criteris ambientals.

2.2.2. Obligacions de planificació i mobilitat corporativa per a empreses logístiques



Figura 6 Obligacions de planificació Llei de Mobilitat Sostenible.

FONT. Elaboració pròpia amb imatge del Ministeri de Transport i Mobilitat sostenible

La Llei introdueix obligacions de planificació que afecten directament plataformes logístiques, magatzems i grans centres de treball del sector. L'article 25 preveu que el Ministeri de Transports i Mobilitat Sostenible i el de Treball i Economia Social haurà de definir els criteris per identificar els grans centres d'activitat que hauran de disposar de **Plans de Mobilitat Sostenible**. Aquestes instal·lacions hauran de coordinar el seu pla amb la planificació municipal i registrar-lo a l'EDIM (*Espacio de Datos Integrado de Movilidad*) que es crea com a instrument digital del Sistema Nacional de Mobilitat amb dades obertes de la informació relativa a la mobilitat generada a partir de la dades proporcionades per les administracions públiques i operadors de transport entre altres.

L'article 26 va un pas més enllà i obliga les empreses amb centres de treball de més de 200 treballadors, o 100 per torn, a disposar d'un **Pla de Mobilitat Sostenible al Treball** en un termini de 24 mesos des de l'entrada en vigor de la Llei. Aquest pla ha d'incloure mesures de transport col·lectiu, foment de la mobilitat de baixes o zero emissions, infraestructures de recàrrega, opcions de teletreball quan sigui viable i formació en mobilitat segura, tenint en compte també proveïdors i visitants. Per a una empresa logística, això converteix la mobilitat del personal en una peça estratègica. Així, el disseny d'horaris, els accessos viaris, l'aparcament i la recàrrega per a empleats deixen de ser decisions operatives aïllades i es transformen en compromisos planificats amb seguiment i possible sanció.

2.2.3. Instruments per a la descarbonització i la renovació de flota



Figura 7 Instruments Llei de Mobilitat Sostenible.

FONT. Elaboració pròpia amb imatge del Ministeri de Transport i Mobilitat sostenible

Des del punt de vista de negoci, un dels blocs més rellevants de la Llei és el conjunt d'instruments vinculats a la descarbonització del transport i la renovació del parc de vehicles. La disposició addicional 18 obliga el Ministeri de Transports i Mobilitat Sostenible a actualitzar en un any la **normativa de senyalització** per identificar estacions de recàrrega elèctrica ultraràpida a la xarxa viària estatal, mentre que la disposició addicional 28 encomana al Ministeri per a la Transició Ecològica la publicació, en sis mesos, d'un mapa nacional de capacitat de la xarxa elèctrica per a la instal·lació de punts de recàrrega. Per als operadors de transport pesat, aquesta informació és clau per decidir on té sentit invertir en estacions de recàrrega, hubs compartits o corredors elèctrics, reduint el risc de decisions d'inversió basades en percepcions i no en capacitat real de la xarxa.

La disposició addicional 21 preveu el desenvolupament, en tres mesos, d'un **Pla Nacional de Renovació del Parc d'Automoció** orientat a reduir emissions i millorar la seguretat, incloent explícitament vehicles industrials i camions. Aquest marc servirà de paraigua per a futurs programes de tipus "renove" dirigits a accelerar la substitució de vehicles més antics, complementant els esquemes existents de suport a vehicles elèctrics o de baixes emissions. Per a una empresa amb flota envellida, el risc ja no és només el cost de manteniment o el consum de combustible, sinó l'exposició creixent a restriccions d'accés a ZBE, pitjor classificació ambiental i pèrdua d'elegibilitat per ajuts i contractes.

En paral·lel, la disposició addicional 23 obliga el Govern a incorporar objectius vinculants d'increment de renovables i reducció d'intensitat de GEH en el transport, alineats amb el paquet europeu *Fit for 55*. Això implica que l'elecció entre dièsel, gas, biofuel, electricitat o hidrogen deixa de ser només una decisió tècnic-econòmica interna i passa a estar condicionada per trajectòries reguladores que penalitzaran progressivament les opcions més intensives en carboni. Per a la direcció de flota, resulta crític anticipar-se a aquests objectius per evitar actius encallats i garantir que les decisions de renovació siguin compatibles amb la regulació i amb les exigències ambientals dels clients.

Finalment, la disposició addicional 27, introdueix subvencions específiques per a Plans de Mobilitat al Treball per a empreses amb centres de més de 100 treballadors, o 50 per torn, mitjançant convocatòries de concurrència competitiva. Això obre una finestra d'oportunitat perquè grans plataformes logístiques financin parcialment l'adaptació d'accessos, aparcaments, punts de recàrrega o serveis de transport col·lectiu, convertint una obligació normativa en una palanca de millora operativa i de posicionament en sostenibilitat davant la plantilla i els clients.

2.2.4. Digitalització del control del transport

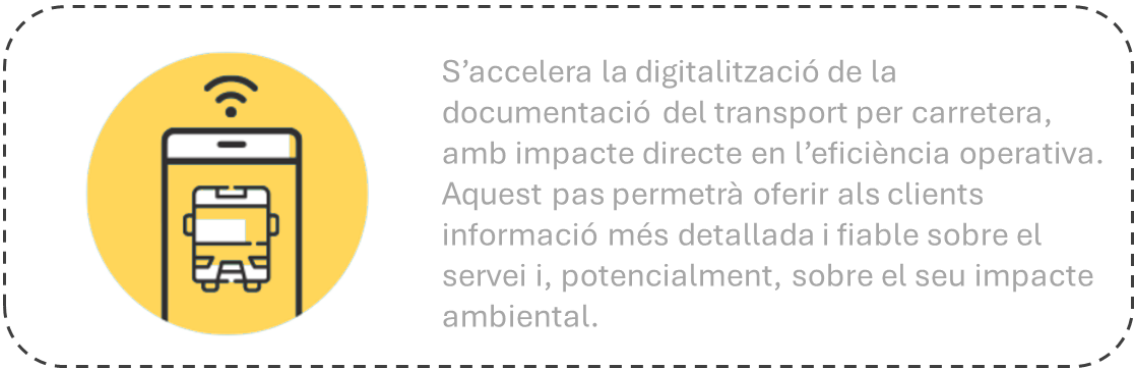


Figura 8 Digitalització del control del transport. Llei de Mobilitat Sostenible.

FONT. Elaboració pròpia amb imatge del Ministeri de Transport i Mobilitat sostenible

La Llei també accelera la digitalització de la documentació del transport per carretera, amb impacte directe en l'eficiència operativa. La disposició transitòria vuitena obliga a adaptar en deu mesos el Reglament d'Ordenació dels Transports Terrestres per permetre que el document de control administratiu del transport públic de mercaderies es pugui suportar i emmagatzemar en format digital, establint-ne el règim de validesa i verificació. Aquest pas cap al "camió sense paper" facilita la integració entre TMS, CRM, facturació i plataformes de traçabilitat, i permet oferir als clients informació més detallada i fiable sobre el servei i, potencialment, sobre el seu impacte ambiental.

En un context on les grans empreses incorporen criteris ESG en la selecció de proveïdors, la capacitat d'acreditar digitalment rutes, eficiència i mesures de reducció d'emissions esdevé un factor competitiu afegit. La digitalització del control facilita també la inspecció a carretera i pot reduir costos administratius interns, alhora que genera dades de valor per optimitzar rutes, temps d'espera i índexs d'aprofitament de la flota.

2.2.5. Impacte estratègic per al sector logístic i de transport pesat

A la vista del conjunt del text legal, la Llei de Mobilitat Sostenible es configura com un marc de fons que redibuixa el model de negoci del transport pesat i la logística. El reconeixement del transport de mercaderies com a servei essencial i dels nodes logístics com a infraestructures estructurals, juntament amb l'impuls al ferrocarril, reordena les cadenes de subministrament i obliga les empreses a reposicionar-se com a operadors capaços de gestionar solucions intermodals i no només quilòmetres de carretera.

Les noves obligacions de planificació (plans de mobilitat per a grans centres i per a centres de treball amb alta ocupació) converteixen la mobilitat corporativa en un àmbit estratègic, amb implicacions en costos, organització del treball i atractivitat per a talent, proveïdors i clients. Al

mateix temps, els instruments per a descarbonització i renovació de flota, combinats amb la informació sobre capacitat elèctrica i la senyalització de recàrrega, ofereixen una guia clara d'on i com orientar les inversions en flota i infraestructura en la pròxima dècada.

En conjunt, la Llei de Mobilitat Sostenible complementa el RD 214/2025 de registre de petjada de carboni. Mentre el segon obliga a mesurar i reduir emissions, la Llei defineix el nou escenari operatiu on s'hauran de prendre les decisions de negoci. Per a qualsevol operador de transport pesat que vulgui mantenir la competitivitat, la mobilitat sostenible deixa de ser un capítol de compliment normatiu i passa a ser una variable central de l'estratègia corporativa, determinant per accedir a mercats, finançament i talent en el nou marc regulador.

2.3. Zones de baixes emissions ZBEs

La implantació de les ZBE té un impacte directe i rellevant sobre el sector del transport de mercaderies, especialment en la distribució urbana i metropolitana. Les Zones de Baixes Emissions (ZBE) són àrees urbanes delimitades en les quals es restringeix l'accés, la circulació o l'estacionament de determinats vehicles amb l'objectiu de millorar la qualitat de l'aire, reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i disminuir la contaminació acústica. Aquest instrument s'emmarca en les polítiques públiques de mobilitat sostenible impulsades tant a escala europea com estatal.

A Espanya, la implantació de les ZBE ve determinada principalment per la *Llei 7/2021, de canvi climàtic i transició energètica*, que estableix l'obligació que els municipis de més de 50.000 habitants, així com aquells de més de 20.000 habitants amb problemes de qualitat de l'aire, disposin d'una ZBE. Aquesta obligació s'ha desenvolupat mitjançant el Reial decret 1052/2022 per el que es regulen les zones de baixes emissions, que defineix els requisits mínims que han de complir aquestes zones, incloent-hi els criteris d'accés, control, seguiment i avaluació. Tot i que el marc general és comú, la regulació concreta de cada ZBE correspon als ajuntaments, que poden establir condicions específiques segons les característiques locals.

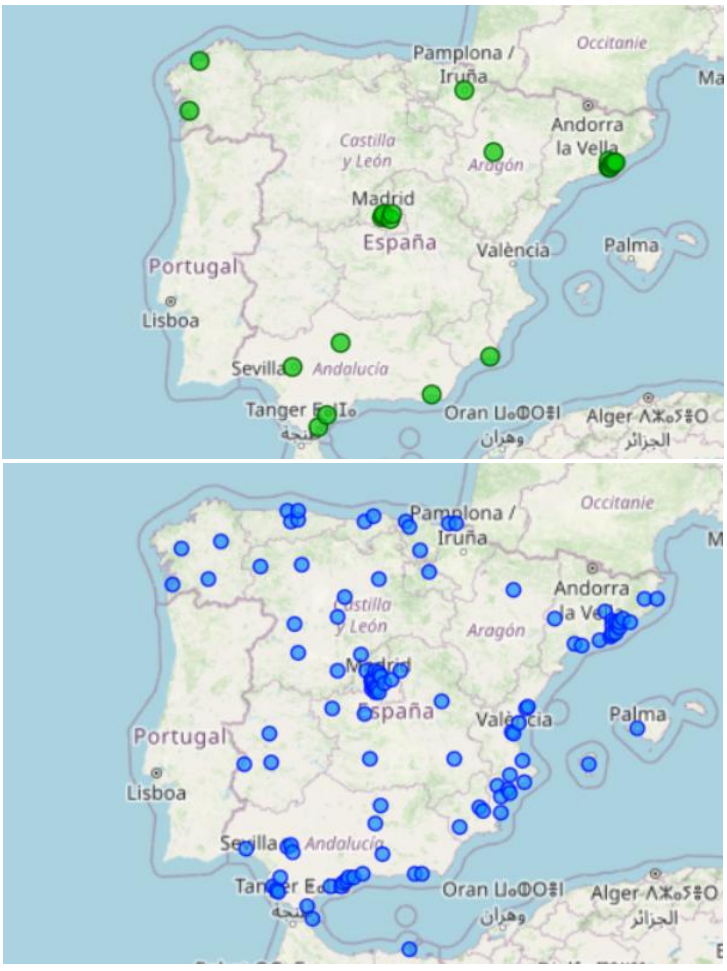


Figura 9 Zones de baixes emissions vigents (en verd) i en tràmit (en blau). Desembre 25.

FONT. Minetur

La implantació de zones de baixes emissions està en desenvolupament, a mitjans de 2025 de les 149 ciutats espanyoles obligades a implantar zones de baixes emissions, només 55 comptaven amb àrees d'aquest tipus (un 37%), però és una realitat a tenir en compte.

2.3.1. Impacte de les zones de baixes emissions sobre el sector transport

La implantació de les ZBE té un impacte directe sobre el sector del transport de mercaderies, especialment en la logística urbana i la distribució d'última milla. Les restriccions d'accés afecten principalment els vehicles de mercaderies més contaminants, com camions i furgonetes dièsel antics, que poden veure limitada o prohibida la seva entrada a zones urbanes centrals.

Aquestes restriccions comporten una major complexitat operativa, ja que les empreses han d'adaptar rutes, horaris i models logístics, així com gestionar flotes diferenciades segons la tipologia de servei i l'àmbit territorial. Això pot traduir-se en increments de costos operatius i en la necessitat d'inversions addicionals.

Paral·lelament, les ZBE introdueixen un règim sancionador que penalitza l'incompliment de les condicions d'accés, fet que reforça la necessitat d'un control exhaustiu de la flota i d'un coneixement actualitzat de la normativa local.

En aquest context, les ZBE actuen com un factor clau d'impuls per a l'adopció de tecnologies alternatives de propulsió en el transport de mercaderies limitant progressivament l'ús de vehicles amb motors de combustió interna més contaminants. Els vehicles elèctrics de bateries esdevenen una opció especialment rellevant per a la distribució urbana i d'última milla, ja que permeten l'accés sense restriccions a les ZBE i ofereixen emissions locals nul·les.

Els combustibles renovables i de baixes emissions (com el biometà, els combustibles sintètics o altres fuels alternatius) poden actuar com a solucions de transició, especialment per a flotes existents que no poden ser renovades a curt termini. En alguns municipis, aquests vehicles poden beneficiar-se de condicions d'accés més favorables dins de les ZBE, tot i que el seu tractament regulador encara és heterogeni.

Les Zones de Baixes Emissions no només representen una mesura de millora ambiental urbana, sinó també un instrument de transformació del sector del transport de mercaderies, orientat cap a models més sostenibles i alineats amb els objectius climàtics. Per a les empreses del sector transport, la implantació de les ZBE reforça la necessitat d'integrar la planificació tecnològica i energètica en l'estratègia empresarial, valorant quines solucions alternatives són més adequades segons el tipus de servei, l'àmbit territorial i l'horitzó temporal. En aquest sentit, les ZBE esdevenen un element clau per accelerar la descarbonització del transport pesant i lleuger en entorns urbans.

2.4. Nou ETS2 i afectació al transport per carretera

L'**EU-ETS 2** (European Union Emissions Trading System 2) és el nou sistema europeu de comerç de drets d'emissió dissenyat per aplicar un preu explícit al CO_2 en el transport per carretera i els edificis a partir de 2027, en un règim separat però coherent amb l'actual **EU ETS** per al transport marítim i aeri, i la indústria d'alt consum energètic i de generació elèctrica i tèrmica. Aquest sistema és un sistema aigües amunt, és a dir, el subjecte regulat, i que disposa d'autorització d'emissió per a aquest règim, no serà el que emet els gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera (consumidor final del combustible) sinó aquell que el distribueix o comercialitza per a consum per un tercer. Per tant, els subjectes obligats seran els subministradors i distribuïdors de combustibles fòssils (gasoli, gasolina, gas per calefacció), que hauran de sol·licitar autorització d'emissió de gasos d'efecte hivernacle i emetre informes anuals de seguiment de les emissions. En funció de les emissions associades al volum venut es podria requerir de la compra de drets d'emissió EUA2 i repercutir aquest cost en el preu final del combustible.

El calendari preveu que l'ETS2 entri en vigor el 2027, després de dos anys previs de monitoratge i posada en marxa de la infraestructura del nou mercat de drets d'emissió. El sistema seguirà el principi de "cap and trade", és a dir, màxim d'emissions permeses, decreixent anualment i drets d'emissió subhastats, sense assignacions gratuïtes, la qual cosa garanteix que el preu del carboni sigui un senyal econòmic real per als sectors coberts.

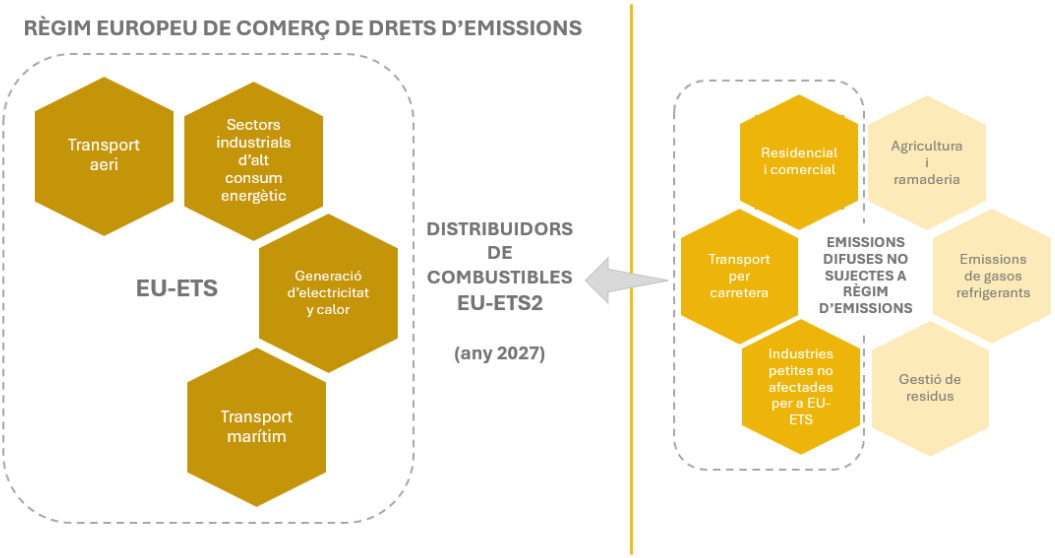


Figura 10 Règim Europeu de comerç de drets d'emissions EU-ETS i EU-ETS-2.

FONT. Elaboració pròpia

Per al sector transport pesat i logística el component clau serà l'impacte sobre el cost del combustible, de manera que la reducció de consum de es converteix en una palanca directa de competitivitat econòmica, més enllà del compliment ambiental.

2.4.1. Impacte del ETS2 en el cost operatiu del transport i la logística

Actualment, el preu dels drets d'emissió de CO_2 de la UE al mercat existent (EU ETS) es troba entorn dels 80 €/tCO_2, concretament a data 16 de desembre de 2025 el preu dels drets d'emissió se situa al valor de 87.72€/tCO_2, un 16% més respecte el mateix dia de l'any anterior. El preu dels drets d'emissió s'ha situat en l'interval 64-88 €/tCO_2 l'any 2025 i diverses anàlisis apunten

que el preu mitjà del CO_2 a Europa podria ser de l'ordre 90-100 €/tCO_2 cap a 2026, amb projeccions que situen el preu a nivells de 140-150 €/tCO_2 a final de dècada si es manté l'ambició climàtica actual. Aquestes expectatives són rellevants perquè, encara que l'ETS2 serà un mercat separat, és probable que el rang de preus del EUA2 es mogui en una forquilla similar, especialment a mesura que es busqui convergència amb l'EU ETS cap a 2030.



Figura 11 – Evolució del Preu tC02 a desembre de 2025.

FONT. https://es.tradingeconomics.com/commodity/carbon

En termes operatius, un preu dels drets d'emissió de CO_2 de 80€/tCO_2 equival a aproximadament 0,23 €/litre, afegits al cost del gasoil (assumint factors d'emissió dels gasoil de 0,00287 tones/litre). Si els preus s'acosten al rang de 120–150 €/tCO_2 a la dècada de 2030, l'impacte podria superar els 0,30 €/litre. Sobre flotes que recorren centenars de milers de quilòmetres anuals, això es tradueix en milers d'euros per vehicle i any de cost addicional si no es redueix la intensitat de consum.

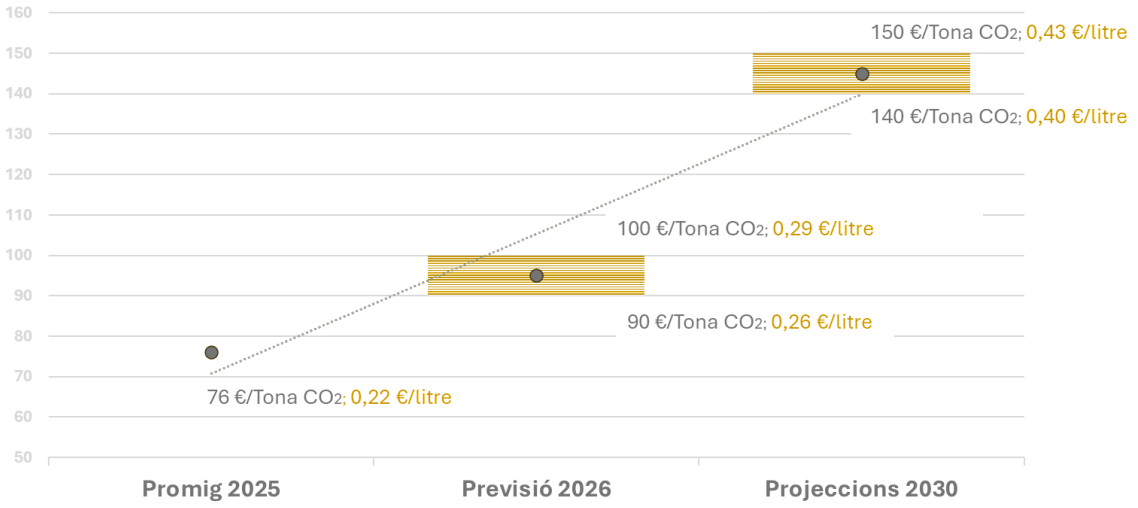


Figura 12 Projeccions del cost de drets d'emissió en €/Tona CO_2 i impacte econòmic sobre el cost del combustible.

FONT: Elaboració pròpia

En paral·lel, anàlisis recents alerten que, amb ETS2, el cost del gas podria incrementar-se fins a un 50% en alguns escenaris a partir del 2027, la qual cosa afectaria també al gas vehicular.

Aquests nivells de preu i les projeccions a l'alça reforcen la idea que l'ETS2 actuarà com una "segona capa" de cost climàtic sobre el combustible, sobreposada a impostos especials i fiscalitat nacional, i que el marge de maniobra de les empreses distribuïdores per absorbir-lo sense repercutir-lo parcialment a les tarifes serà limitat. En mercats altament competitius, la diferència entre operadors que optimitzin el consum i descarbonitzin la flota i aquells que no ho facin es farà visible en el cost per quilòmetre i, en conseqüència, en la seva capacitat de tancar contractes rendibles.

Així doncs les empreses de transport per carretera hauran d'incorporar la variable carboni en els seus models de cost per quilòmetre, en la política de preus a clients i en la gestió de riscos associats a la volatilitat del preu del CO_2. Els contractes de llarga durada hauran de revisar l'estructura d'indexació al preu del combustible per capturar adequadament la nova component ETS2 i evitar erosions inesperades de marges.

En el pla comercial, les empreses que requereixin de serveis logístics, que també estaran sotmeses a pressió reguladora tendiran a valoritzar operadors capaços d'oferir rutes i serveis amb menor intensitat d'emissió de CO_2, especialment a partir del moment en què el cost del carboni impacti visiblement en la factura global de transport. De la mateixa manera, la capacitat de reportar emissions per servei i demostrar tendència de reducció d'emissions es convertirà en un criteri de selecció, de manera que la inversió anticipada en eficiència i tecnologies baixes en carboni podrà traduir-se tant en estalvi de costos derivats de l'ETS2 com en guany de quota de mercat.

En resum, l'evolució actual i esperada del preu del CO_2 a Europa, combinada amb la posada en marxa del nou ETS2 el 2027, situa el carboni com un nou "input" de cost gestionable per a les empreses de transport i logística. Les decisions que es prenguin avui en matèria de renovació de flota, electrificació, intermodalitat i optimització operativa determinaran en gran mesura el nivell d'exposició futura a aquest cost i la capacitat del sector per mantenir la competitivitat en un mercat progressivament descarbonitzat.

3. TECNOLOGIES DE DESCARBONITZACIÓ

El *Reglament (UE) 2019/1242 del Parlament Europeu i del Consell* diferencia entre vehicles pesats d'emissions zero (ZEV, per les sigles en anglès *Zero Emissions Vehicle*) i vehicles de baixes emissions (LEV, per les sigles en anglès *Low Emissions Vehicle*):

> ***Vehicle pesat d'emissions zero***: vehicle pesant de motor sense motor de combustió interna o amb un motor de combustió interna que emeti menys de 3 g CO_2/(t·km)[2] o 1 g CO_2/(p·km)[3].
>
> ***Vehicle pesant de baixa emissió***: vehicle pesant que no sigui un vehicle pesant d'emissió zero, amb emissions específiques de CO_2 de menys de la meitat de les emissions de CO_2 de referència de tots els vehicles del subgrup de vehicles al qual pertany el vehicle pesant.

Entre els ZEV, es troben els vehicles 100% elèctrics de bateria (BEV, *Batery Electric Vehicle*) i els de pila de combustible d'hidrogen (FCEV, *Fuel Cell Electric Vehicle*), mentre que els LEV inclouen vehicles que utilitzen biocombustibles, gas natural (GN),

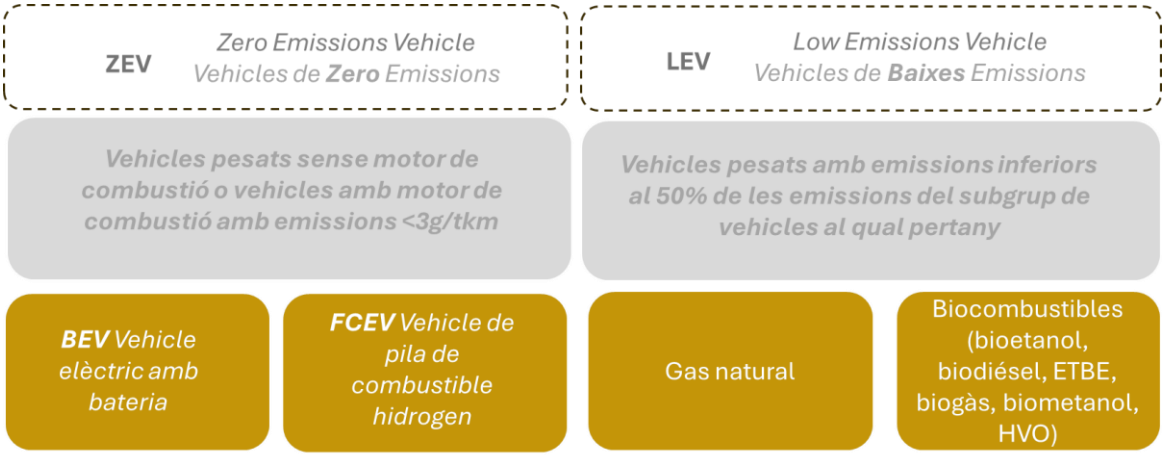


Figura 13 Classificació vehicles baixes emissions segons Reglament (UE) 2019/1242 del Parlament Europeu i del Consell.

FONT. Elaboració pròpia

Les marques líders han desplegat models ZEV de camions rígids i tractores dirigits tant a serveis urbans com a llargues distàncies, i es desenvolupen prototips avançats d'hidrogen i configuracions combinades amb tràilers extra ("duo-trailers") per incrementar l'eficiència global.

[2] *t·km: tona-kilòmetre és una unitat de mesura del transport de mercaderies que representa el transport d'una tona de mercaderies al llarg d'una distància d'un km.*

3 p·km: passatger-kilòmetre és una unitat de mesura del transport que representa el transport d'un passatger al llarg d'una distància d'un km.

3.1. Estat de l'art del mercat de la descarbonització del transport

3.1.1. Hydrotreated Vegetable Oil (HVO)

Dins dels biocombustibles, l'***Hydrotreated Vegetable Oil*** **(HVO)**, comercialitzat sovint com a *HVO100* (HVO20 si només conté un 20% de HVO pur), és un dièsel parafínic que compleix especificacions com *EN15940*[4] i que, en condicions habituals, es pot utilitzar en motors dièsel sense canvis físics sempre que hi hagi aprovació per part del fabricant del vehicle (compatibilitat del model concret i condicions de garantia). Això permet desplegar-lo ràpidament en flotes existents, mantenint la mateixa operativa de provisió de combustible i d'operacions. Aquest fet el fa especialment útil com a mesura de transició mentre les empreses de transport i logística acaben de definir la seva estratègia cap a la introducció de vehicles de zero emissions en les seves flotes.

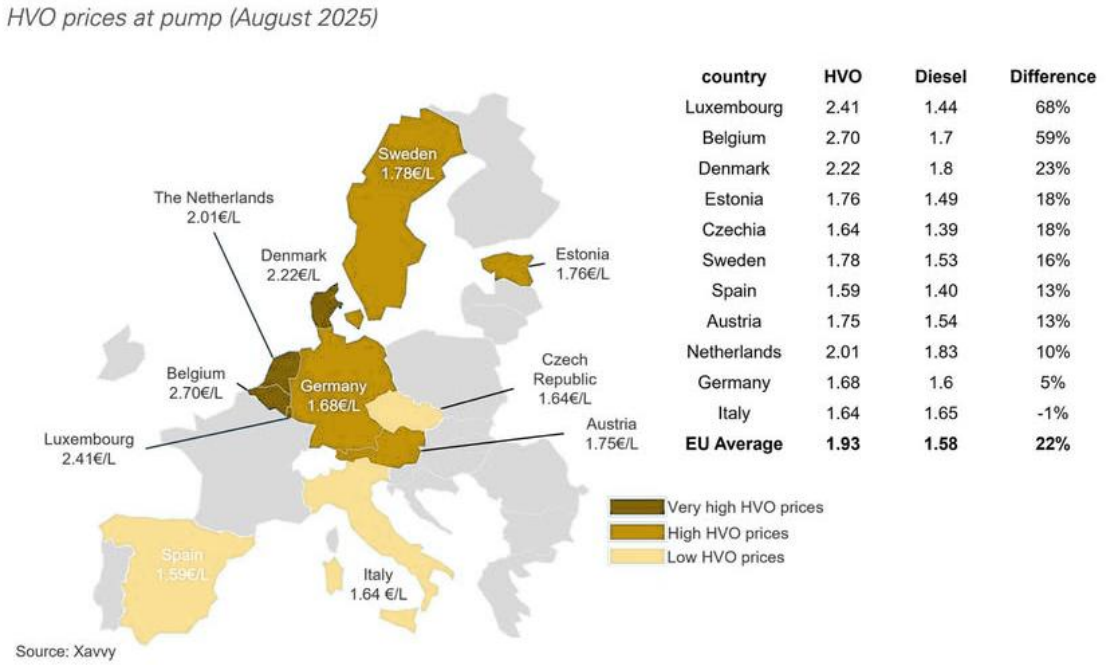
En termes d'emissions, és important tenir en compte que l'HVO és una via de reducció d'emissions relacionada amb el cicle de vida del combustible, ja que l'HVO es produeix a partir de compostos orgànics que han absorbit prèviament CO_2 de l'atmosfera per al seu creixement. D'aquesta manera, les emissions directes de gasos d'efecte hivernacle a la sortida del tub d'escapament no són estrictament zero, i dependran de l'origen de les matèries primeres utilitzades per a la seva síntesi (residus, matèries primeres avançades versus cultius, etc.). No obstant això, tenint en compte el cicle de vida del combustible, l'ús de l'HVO permet reduir el balanç d'emissions de gasos d'efecte hivernacle en valors propers al 90%[5] respecte al gasoil.

A nivell de preu, l'HVO es comporta com un producte amb dinàmica pròpia i una volatilitat potencialment elevada. En el mercat europeu, les comparatives professionals acostumen a partir d'un preu de referència publicat en els principals centres de comerç de combustibles del nord d'Europa i, a partir d'aquí, es construeix el preu final per a la flota afegint-hi els costos de logística (transport i emmagatzematge), la fiscalitat aplicable i el marge comercial. En els darrers anys, els moviments de preu han estat determinats sobretot per tres factors:

- La disponibilitat i el cost de les matèries primeres amb què es fabrica l'HVO;
- Els requisits reguladors que obliguen o incentiven el consum de combustibles renovables i els seus mecanismes de compliment
- El context comercial internacional (per exemple, mesures de defensa comercial) que pot alterar els fluxos d'importació i, en conseqüència, l'equilibri entre oferta i demanda.

Cal destacar que Espanya és un dels països amb el preu més baix de subministrament de HVO.

[4] *UNE-EN 15940:2024 Combustibles para automoción. Gasóleos parafínicos sintéticos u obtenidos por hidrotratamiento. Requisitos y métodos de ensayo.*
[5] *Font. Moeve-Cepsa*



country	HVO	Diesel	Difference
Luxembourg	2.41	1.44	68%
Belgium	2.70	1.7	59%
Denmark	2.22	1.8	23%
Estonia	1.76	1.49	18%
Czechia	1.64	1.39	18%
Sweden	1.78	1.53	16%
Spain	1.59	1.40	13%
Austria	1.75	1.54	13%
Netherlands	2.01	1.83	10%
Germany	1.68	1.6	5%
Italy	1.64	1.65	-1%
EU Average	**1.93**	**1.58**	**22%**

Figura 14 Preus de subministrament a Europa de l'HVO a agost de 2025.

FONT. Mapping Europe's zero-emission transformation de ACEA

Pel que fa a capacitat, la Península Ibèrica està incrementant la producció amb projectes industrials rellevants, cosa que millora la disponibilitat d'HVO per a flotes i dona més opcions de subministrament local. Tanmateix, hi ha una limitació estructural: la disponibilitat sostenible de residus i matèries primeres avançades és finita, i això pot fer tensionar tant el preu com el volum disponible, especialment si creix la competència amb altres productes que també demanen aquestes mateixes matèries primeres.

Planificar l'ús de l'HVO a curt termini pot ser una palanca temporal per reduir la petjada d'emissions en termes de cicle de vida, mentre s'executa un full de ruta de transformació que elimini les emissions en l'ús del vehicle (electrificació, hidrogen renovable).

3.1.2. Vehicles Zero Emissions

La descarbonització del transport pesant a Europa mitjançant camions zero emissions (ZEV) s'articula, tecnològicament, en dues famílies principals: camions elèctrics de bateria (BEV) i camions elèctrics amb pila de combustible d'hidrogen (FCEV). Ambdues solucions comparteixen tren motriu elèctric (motor i electrònica de potència), però divergeixen en el vector energètic a bord (bateria enfront hidrogen) i, en conseqüència, en l'arquitectura del sistema energètic i la seva escalabilitat industrial. A escala europea, l'oferta de producte ha evolucionat de forma significativa en els darrers anys, passant d'una fase de demostració a una fase comercial amb catàlegs creixents, especialment en BEV, i amb disponibilitat més selectiva en FCEV, però ja present en el segment pesant. Actualment a Europa per al transport pesat, existeixen 15 fabricants de BEV amb 35 models de vehicle i 5 fabricants de FCEV amb 5 models de vehicle.

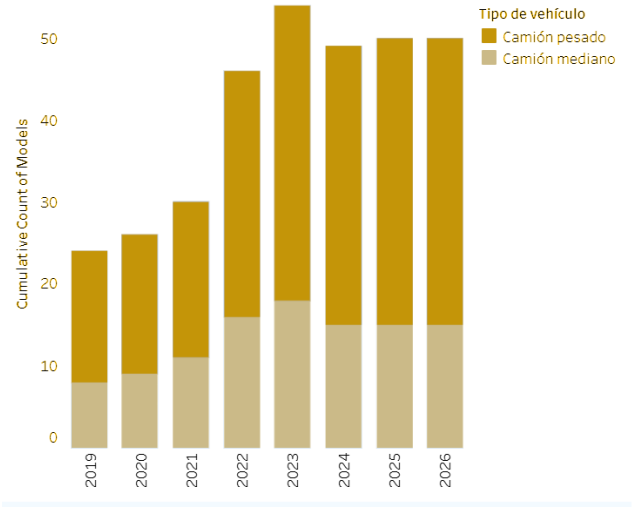


Figura 15 Evolució models de vehicles BEV a Europa.

FONT. Explorador de datos del inventario de tecnologías de cero emisiones (ZETI) CALSTART

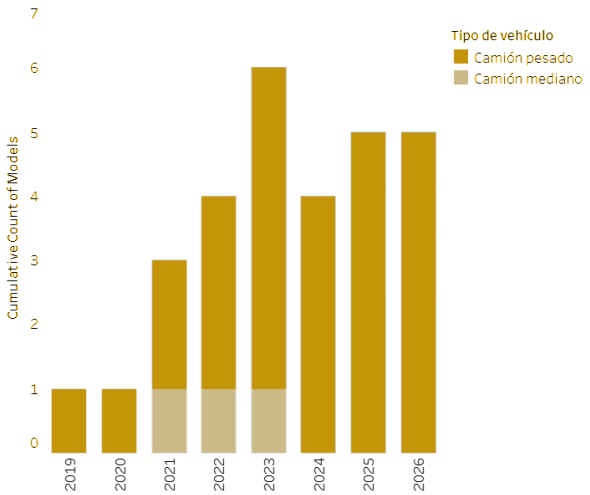


Figura 16 Evolució models de vehicles FCEV a Europa.

FONT. Explorador de datos del inventario de tecnologías de cero emisiones (ZETI) CALSTART

Des del punt de vista de maduresa tecnològica, els BEV es troben avui en una etapa de consolidació industrial. Els grans fabricants europeus han incorporat plataformes de vehicles elèctriques en la seva gamma, per a la distribució regional i, progressivament, per a aplicacions de major demanda energètica. En paral·lel, les evolucions tecnològiques més rellevants se centren en l'optimització de la integració del paquet de bateries, la gestió tèrmica, l'eficiència del tren motriu en condicions reals i la durabilitat en cicles d'ús intensiu, és a dir, millores incrementals pròpies d'una tecnologia que ja està disponible al mercat i que avança per corba d'aprenentatge. En termes de paràmetres de producte, la literatura sectorial recent reflecteix una dispersió de capacitats de bateria que pot arribar a ser de l'ordre d'1MWh en determinades configuracions de vehicle pesant, coherent amb la necessitat d'augmentar la capacitat energètica per ampliar rang operatiu (autonomia). D'aquesta manera es pot arribar a autonomies de BEV de l'ordre de 500km-800km.

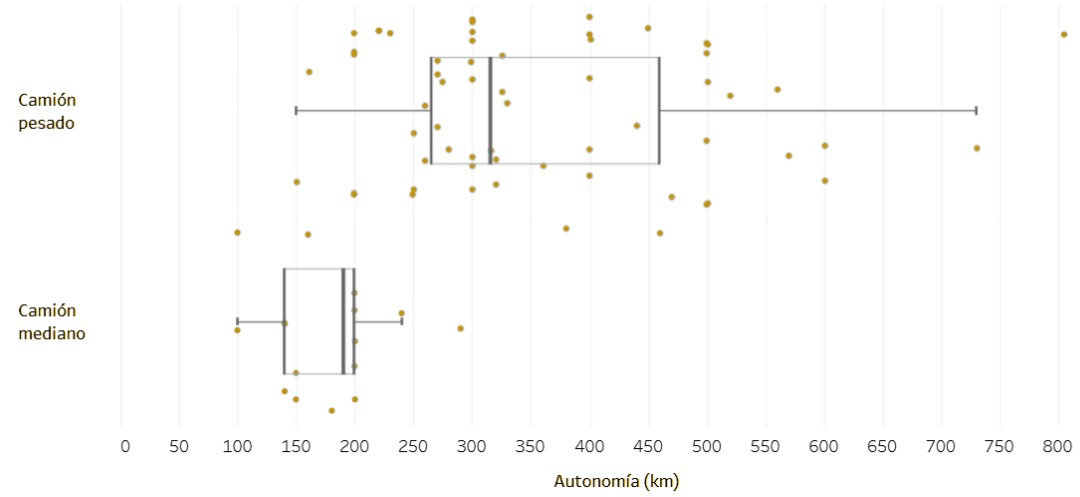


Figura 17 Models de vehicles BEV a Europa segons km d'autonomia.

FONT. Explorador de datos del inventario de tecnologías de cero emisiones (ZETI) CALSTART

Pel que fa als FCEV, el posicionament tecnològic és més incipient en volum de mercat, però amb una trajectòria definida. La tecnologia de pila de combustible en entorns de vehicle pesant avança per fases (disseny, validació, sèries curtes i escales progressives), amb la complexitat pròpia dels sistemes d'hidrogen a alta pressió i l'optimització del BoP (Balance of Plant[6]).

Aquesta realitat implica que, a curt termini, els casos d'ús amb millor encaix seran aquells amb accés a corredors d'HRS (Estacions de Proveïment d'Hidrogen) disponibles o amb estratègies d'aprovisionament en *hubs* logístics.

Pel que fa a l'autonomia dels vehicles pesats d'hidrogen s'observen valors de l'ordre de 400-800km.

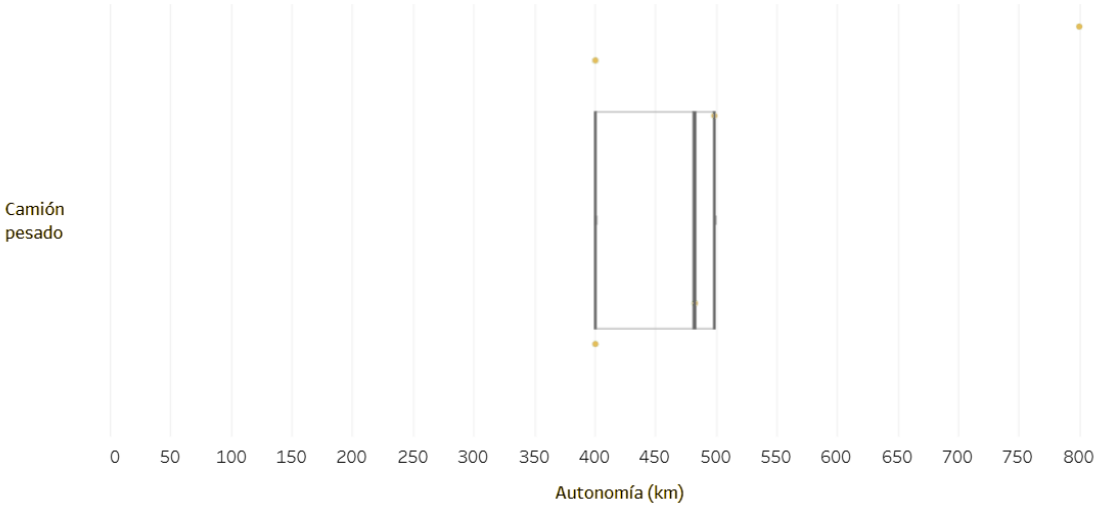


Figura 18 Models de vehicles FCEV segons km d'autonomia.

FONT. Explorador de datos del inventario de tecnologías de cero emisiones (ZETI) CALSTART

[6] ***Balanç of Plant***, Balanç de Planta és un terme que s'utilitza generalment en el context de l'enginyeria elèctrica per referir-se a tots els components de suport i sistemes auxiliars d'una central elèctrica necessaris per lliurar l'energia, a part de la pròpia unitat generadora.

En totes dues tecnologies cal destacar també la relació entre capacitat de càrrega neta del vehicle (Pay Load), la capacitat de la bateria en kWh i l'autonomia en km.

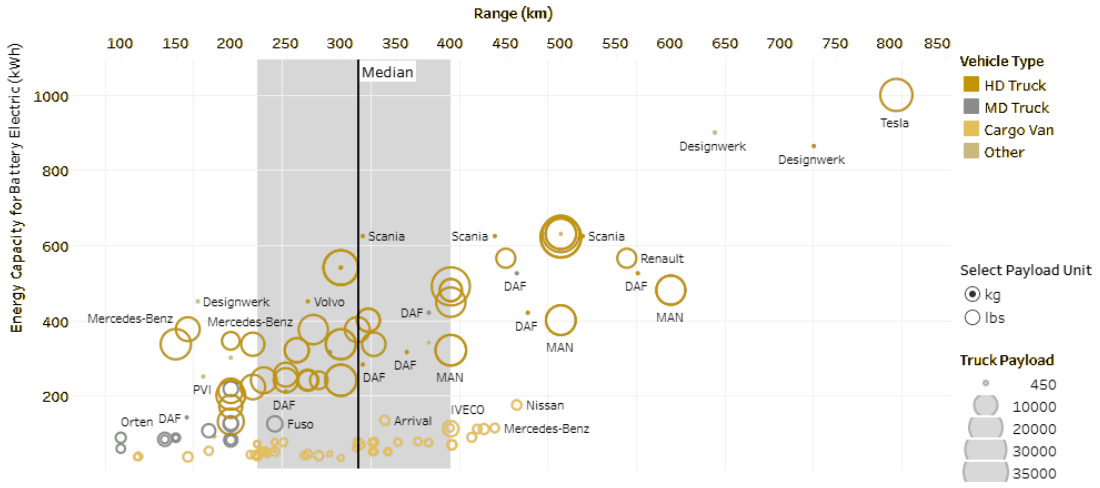


Figura 19 Models de vehicles BEV segons km d'autonomia i pay load.

FONT. Explorador de datos del inventario de tecnologías de cero emisiones (ZETI) CALSTART

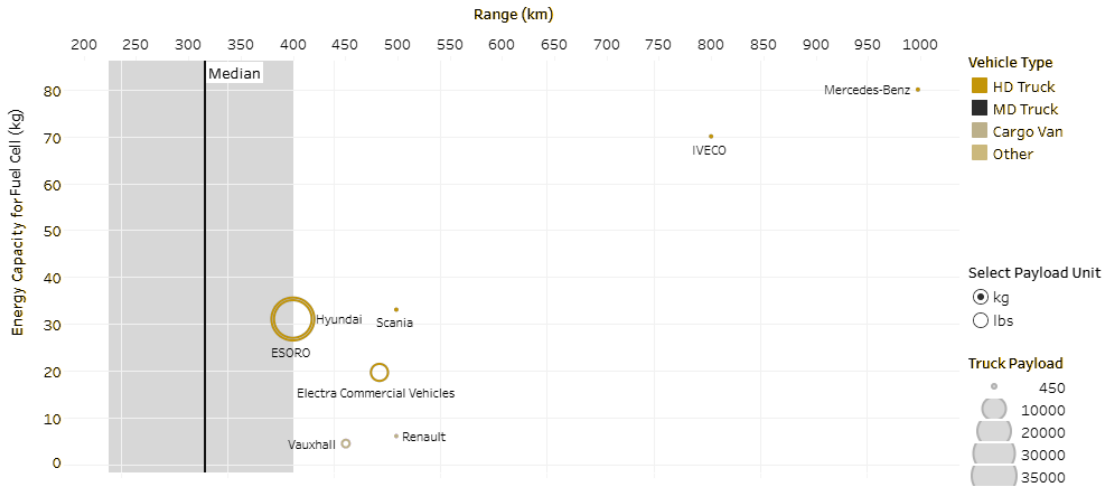


Figura 20 Models de vehicles FCEV segons km d'autonomia i pay load.

FONT. Explorador de datos del inventario de tecnologías de cero emisiones (ZETI) CALSTART

En termes de quota de mercat europea, la situació actual confirma una adopció en acceleració però encara minoritària dels vehicles de tecnologia ZEV. Concretament, en la primera meitat de 2025, els camions elèctrics recarregables (principalment BEV en el segment) van arribar a una quota de mercat aproximada del 4,3% a la UE, mentre que el dièsel continuava sent el més destacat en les noves matriculacions. Així doncs, tot i no ser un mercat experimental, tampoc és encara un mercat de penetració massiva, però la seva evolució és creixent.

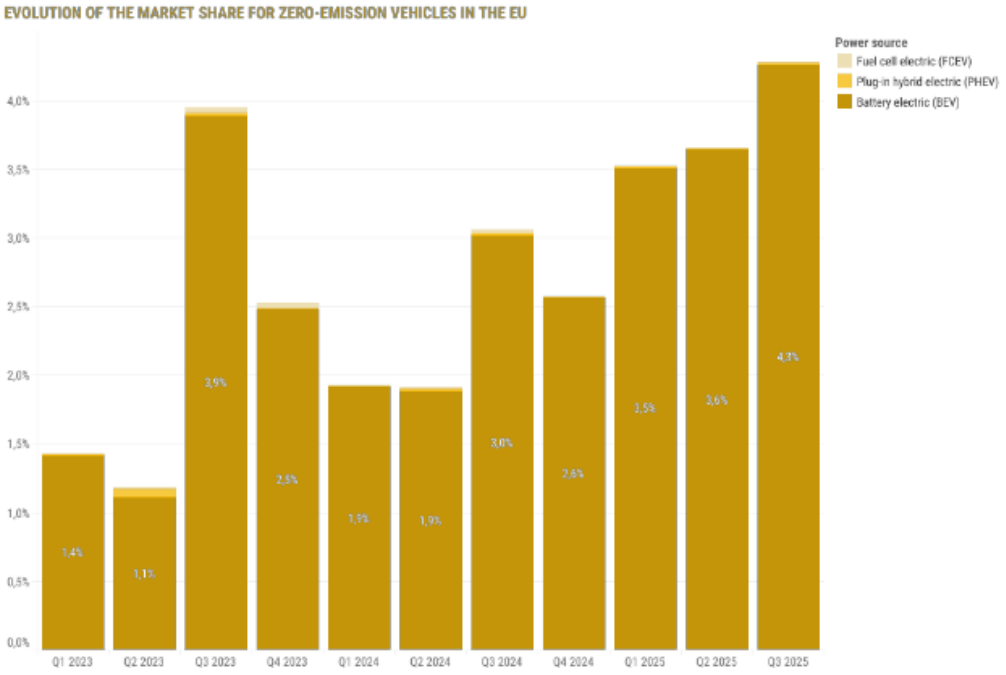


Figura 21. Evolució del % de la quota de mercat de vehicles pesants ZEV a Europa

FONT. Mapping Europe's zero-emission transformation de ACEA

Si es delimita l'anàlisi al camió pesant estricte, dades recents de mercat apunten a una quota encara al voltant de l'1–2% en el conjunt de vendes anuals a la UE, amb un creixement interanual, però clarament per sota del ritme que exigiria una transició accelerada del parc de vehicles pesants.

A nivell geogràfic, a la UE la seva evolució és desigual entre països, sent Noruega, Suècia, Països Baixos i Suïssa els països amb quota de mercat del ZEV més alta. En el cas concret d'Espanya, encara es veu una penetració dels ZEV inferior als mercats europeus capdavanters. Les anàlisis comparatives apunten que, malgrat el pes del mercat espanyol en vendes de camions, les vendes de ZEV pesant s'han mantingut relativament baixes en relació amb els països líders, situant el país en una etapa de transició on el desplegament es concentra sobretot en primers casos d'ús i projectes pilot, més que no pas en una adopció generalitzada.

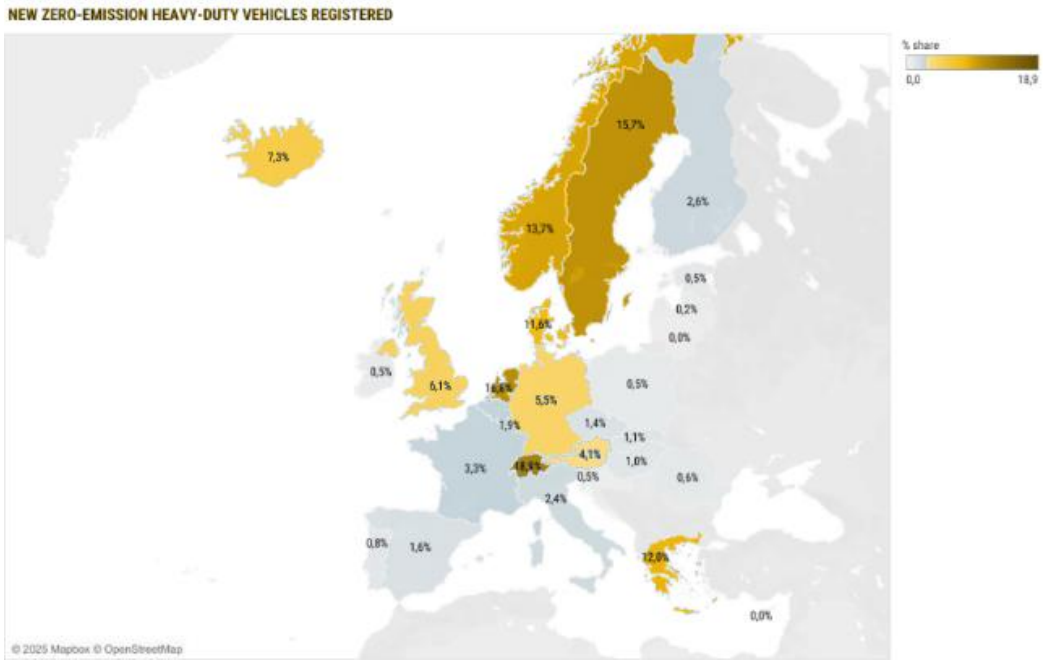


Figura 22. Quota de mercat de vehicles pesants ZEV a Europa tercer trimestre 2025. Distribució per països

FONT. Mapping Europe's zero-emission transformation de ACEA

Fixant-nos en els vehicles de pila d'hidrogen, a Europa, les dades de l'Observatori Europeu de l'Hidrogen mostren que el parc de camions FCEV creix, però encara des d'una base reduïda, amb coherència amb el fet que es tracta d'una tecnologia en una etapa primerenca dins del segment del transport pesant. En concret, l'any 2024 el nombre de vehicles d'aquesta tecnologia de classificació N2 i N3 a la flota Europa era de 364.

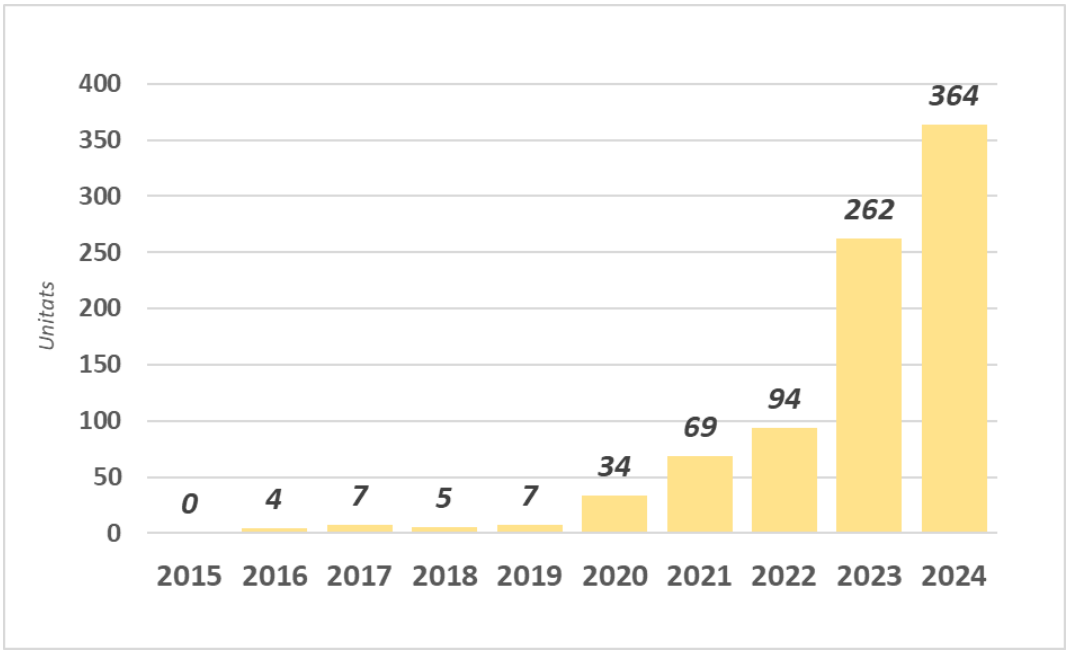


Figura 23 Evolució 2015-2024 de la flota de vehicles de classificació N2 i N3 a Europa amb tecnologia FCEV.

FONT. The European hydrogen market landscape. Nov 2025.

Fent un zoom al segment de vehicles industrials elèctrics amb bateria o híbrids endollables (PHEV) a Espanya, es detecta una frenada en l'evolució de la quota de matriculació l'any 2024, en part per la complexitat de trobar solucions a les seves necessitats, en part a la manca d'ajudes a la compra.

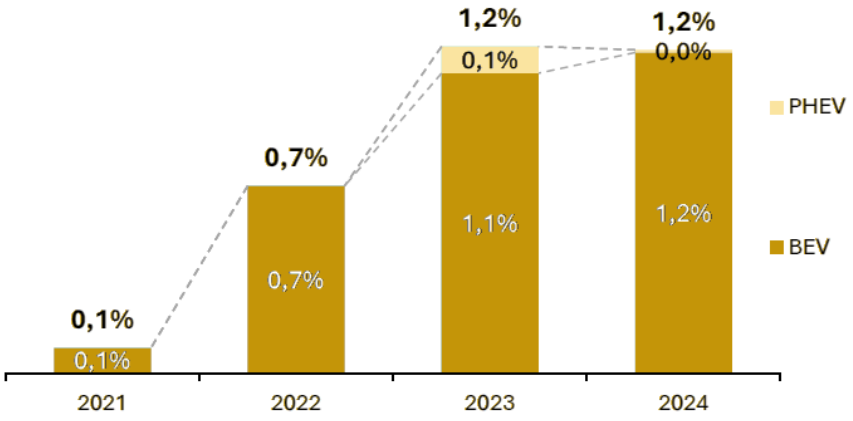


Figura 24 Evolució de la quota de matriculació de vehicles industrials electrificats a Espanya per tecnologia 2021-2024

FONT. ANFAC

Del total de quota de vehicles industrials elèctrics només un 0,5% fa referència a camions rígids y tractocamions de més de 16 tones.

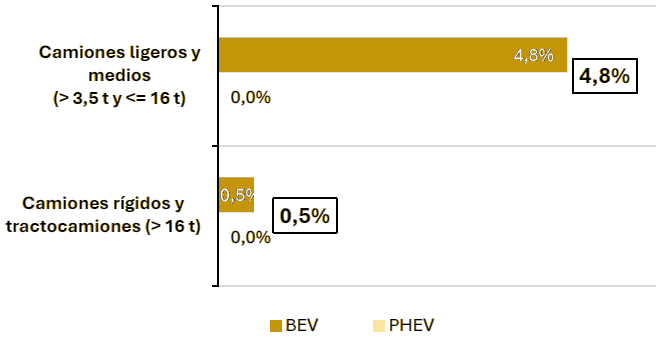


Figura 25 Quota de matriculació de vehicles industrials a Espanya per segment. 2024.

FONT. ANFAC

A més, segons AEDIVE, les matriculacions de vehicles elèctrics purs industrials mitjos i pesants l'any 2025 van caure un 8% respecte l'any 2024.

Finalment, pel que fa al preu de compra, i sense considerar els costos operatius, a dia d'avui els camions ZEV presenten un diferencial de CAPEX respecte als camions dièsel que continua sent significatiu, tot i això s'observa una trajectòria de reducció del cost d'adquisició a mesura que augmenta l'escala industrial, especialment per la reducció del cost dels components principals i del sistema de propulsió elèctrica. S'esperen reduccions de costos d'adquisició en els propers anys impulsades per economies d'escala, aprenentatge industrial i optimització de disseny.

3.2. Eficiència energètica segons combustible

Més enllà dels costos d'adquisició, cal tenir en compte els costos operatius de cada tecnologia de vehicles, i dins dels costos operatius els costos energètics. L'eficiència energètica d'un vehicle es pot mesurar en kWh/km, que indica el consum d'energia per quilòmetre recorregut, indicador fonamental per comparar vehicles de diferents tecnologies. Els camions dièsel tradicionalment consumeixen entre 3-4 kWh/km equivalents (considerant poder calorífic del combustible), mentre que vehicles BEV tenen un consum mitjà d'uns 1,2–2 kWh/km, depenent del pes i del perfil de ruta. Els vehicles d'hidrogen de pila de combustible, presenten un consum d'energia que oscil·la entre els 3-4 kWh/km (considerant poder calorífic del combustible).

També cal tenir en compte l'indicador eficiència en %, és a dir quin % d'energia del combustible o energia elèctrica en el cas de vehicles elèctrics es converteix finalment en energia cinètica. En el cas de les tecnologies elèctriques BEV i FCEV, l'eficiència dels segons decau respecte al vehicle BEV degut a les pèrdues energètiques en el procés de conversió d'hidrogen a electricitat.

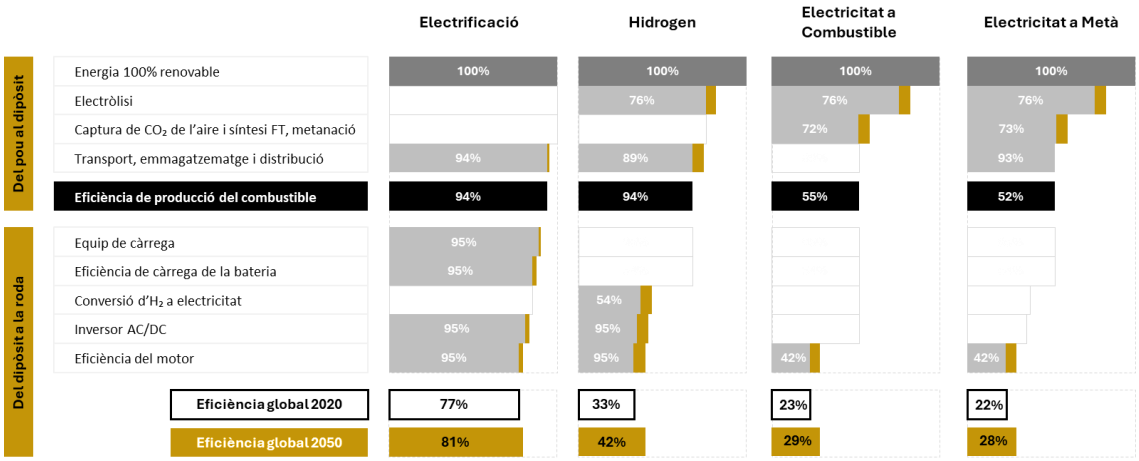


Figura 26 Detall de comparativa d'eficiències en % de diferents tecnologies de vehicles.

FONT. Why adding fuel crèdits to vehicle standards is a bad idea, Transport & Environment Novembre 2020

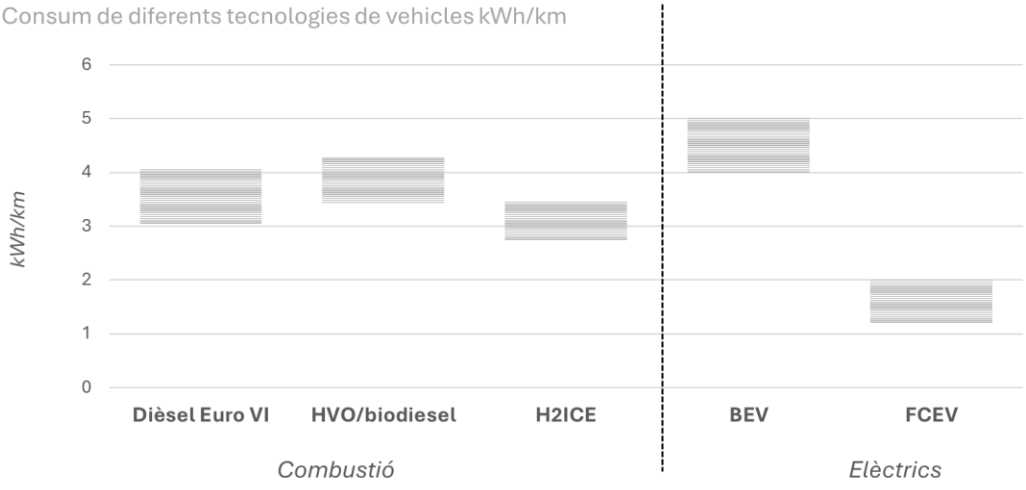


Figura 27 Eficiència energètica en kWh/km segons tecnologia de vehicle.

FONT. Elaboració pròpia

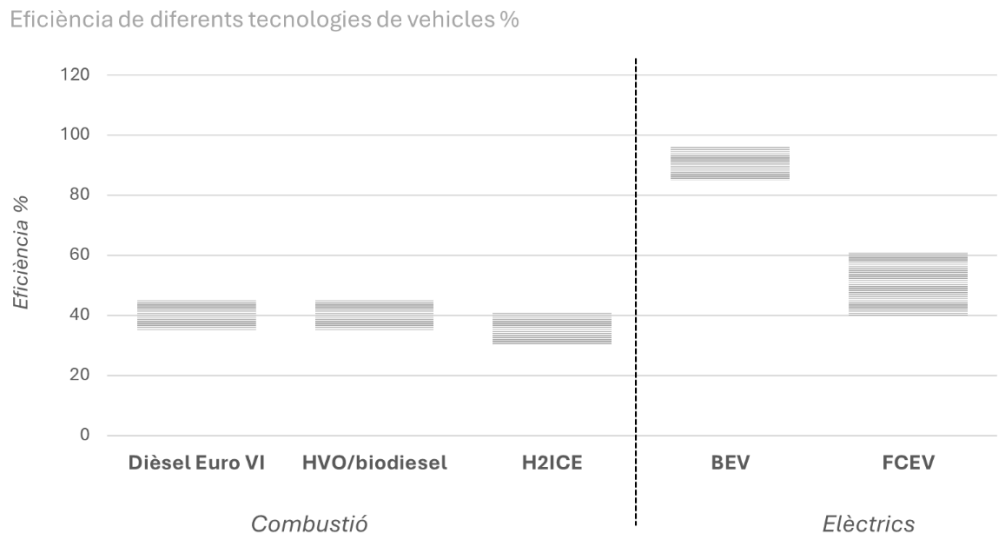


Figura 28 Eficiència energètica en % segons tecnologia de vehicle.

FONT. Elaboració pròpia

3.3. Petjada de Carboni per tecnologia

Les emissions de CO_2 associades als vehicles poden provenir de l'ús del combustible en el vehicle, del procés de producció d'aquest combustible y de la fabricació del propi vehicle. Amb la substitució de vehicles de gasoil per vehicles ZEV, les emissions per crema del combustible passen a ser zero, però cal tenir en compte les emissions associades a la generació elèctrica i la producció de l'hidrogen. En aquest sentit el vehicle elèctric reduirà les seves emissions de manera important si l'energia elèctrica utilitzada prové de fonts d'energia renovable. En el cas de vehicles de pila de combustible d'hidrogen l'origen de l'hidrogen també és d'especial importància. Existeixen 7 tipologies d'hidrogen segons el procés d'obtenció, a destacar les següents tres: hidrogen gris, hidrogen groc i hidrogen verd. Les dues primeres amb emissions associades a l'ús de combustible per a la seva obtenció.

	FONT ENERGÈTICA	PROCÉS	EMISSIONS DEL PROCÉS D'OBTENCIÓ
Hidrogen gris	Gas natural o Petroli	SMR, ATR, Oxidació parcial	CO_2, CH_4 fugitives
Hidrogen groc	Electricitat no renovable	Electròlisi	Segons mix de la xarxa elèctrica
Hidrogen verd	Electricitat renovable	Electròlisi	Nules

Figura 29 Tres principals tipologies d'hidrogen.

FONT. Elaboració pròpia

Així doncs, tant el cas del vehicle elèctric com el vehicle de pila de combustible hidrogen, per a arribar a una descarbonització plena i real és de vital importància l'ús de tecnologies de generació elèctrica renovable.

En el càlcul de la petjada de carboni, cal destacar com la incorporació de vehicles ZEV traspassa la petjada d'Abast 1 a petjada d'Abast 2 o 3, donat que les emissions directes per la combustió passen a ser emissions indirectes per la generació del combustible i l'electricitat.

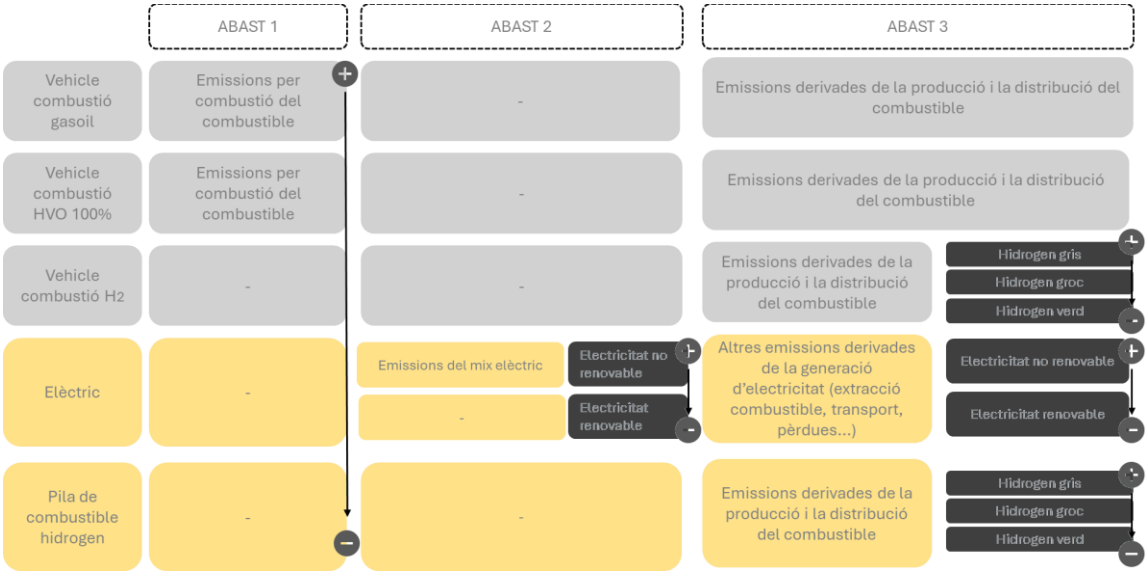


Figura 30 Repercussió del consum d'energia en els Abastos de petjada de CO_2 segons tipologia de vehicle.

FONT. Elaboració pròpia

Fixant-nos en tot el cicle de vida del vehicle (producció d'energia/combustible, consum del combustible, manteniment, construcció del vehicle i els seus components) en general el component que marca la diferència en les emissions globals és el que fa referència al combustible (producció/consum), mentre que la resta de components no divergeixen en gran mesura, si bé que el vehicle elèctric té emissions associades a la fabricació de la bateria, que s'esperen que es reduiran en els propers anys.

El vehicle de gasoil no només té un alt volum d'emissions en fase d'ús per la combustió del combustible, si no també en la fase de producció d'aquest. Pel que fa als vehicles FCEV es poden aconseguir reduccions respecte al vehicle gasoil de -15% o -84% segons si l'hidrogen és gris o verd respectivament. De la mateixa manera els vehicles BEV poden aconseguir una reducció -63% o del -90% segons si l'electricitat prové de fonts renovables o amb mix elèctric no 100% renovable (referència mix elèctric EU).

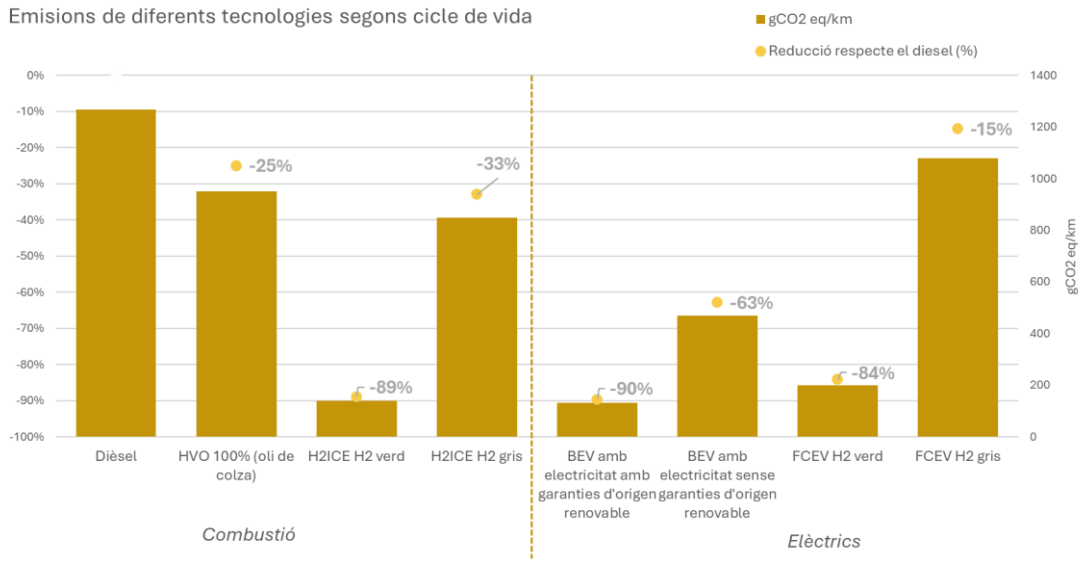


Figura 31 Emissions de diferents tecnologies de vehicle pesant i reducció respecte al gasoil tenint en compte el cicle de vida del vehicle.

FONT Elaboració pròpia a partir de dades de l'informe A comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of european Heavy Duty vehicles and Fuels. ICCT.

3.4. Cost energètic estimat (€/km)

El cost d'un vehicle es pot calcular amb el paràmetre TCO (Total Cost of Ownership) expressat en €/km. Es calcula tenint en compte les despeses fixes i operacionals del vehicle. El TCO quantifica el preu de venda al detall del camió, el valor residual al final de la seva vida útil, els costos financers, costos d'infraestructura i totes les despeses operatives, incloent-hi combustible i energia, manteniment, assegurances i impostos.

L'informe *A total cost of ownership comparison of truck decarbonization pathways in Europe* de l'any 2023, publicat per l'International Council of Clean Transportation calcula el TCO per a diferents tecnologies de vehicles pesants, considerant una vida útil del vehicle de 5 anys. En el seu model de TCO inclouen també els costos de personal. En concret en les gràfiques següents mostren una comparativa del TCO per a tràilers de llarga distància sota dos escenaris operatius: rutes de 1.000 km i rutes de 500 km, desglossant els principals components de cost.

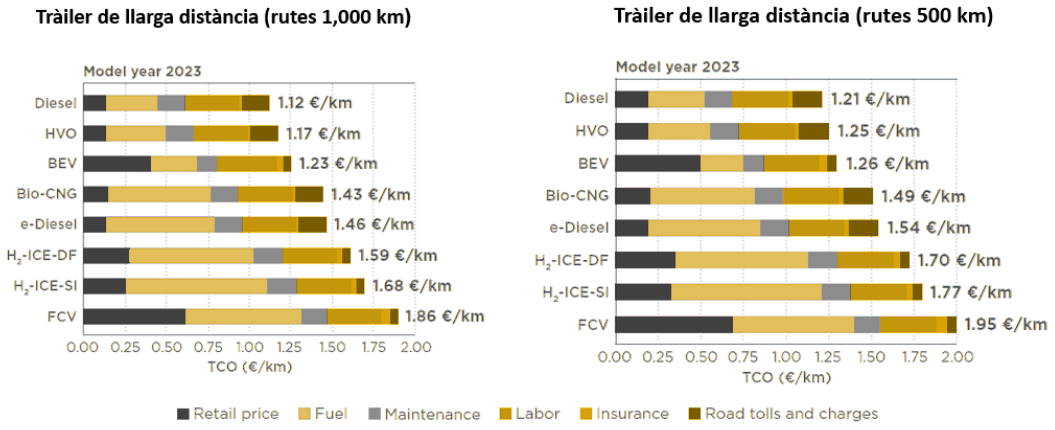


Figura 32 Comparativa de TCO's de diferents tecnologies per a dos tipologies de vehicles pensants.

FONT: A total cost of ownership comparison of truck decarbonization pathways in Europe. ICCT. 2023

En ambdós escenaris del vehicle dièsel convencional continua presentant el menor cost total per quilòmetre, Aquest resultat reflecteix la maduresa tecnològica del dièsel, la seva elevada autonomia i una infraestructura plenament desplegada, que minimitza els costos associats al combustible i a l'operació.

Les alternatives basades en combustibles líquids renovables, com l'HVO, mostren un comportament molt proper al dièsel, amb un increment de cost moderat (+4–5 %). Això indica que l'HVO pot actuar com una solució de transició a curt termini, ja que permet reduir emissions sense alterar significativament els costos operatius ni requerir canvis substancials en la infraestructura o en els hàbits d'operació de les flotes.

Els vehicles elèctrics de bateria (BEV) presenten un TCO lleugerament superior al del dièsel i l'HVO, situant-se al voltant de 1,2 €/km. Les tecnologies basades en gas i combustibles sintètics, com el Bio-CNG i l'e-Diesel, presenten costos clarament superiors, amb valors que oscil·len entre 1,43 i 1,54 €/km, depenent de la longitud de la ruta. Aquest increment es deu principalment al cost del combustible, que té un pes dominant en el TCO i reflecteix la limitada disponibilitat i l'elevat cost actual d'aquests vectors energètics.

Pel que fa a les tecnologies d'hidrogen, tant els camions de combustió interna d'hidrogen (H_2-ICE) com els vehicles elèctrics de pila de combustible (FCEV) mostren els valors de TCO més

elevats. Aquest resultat posa de manifest que, en l'escenari actual, l'hidrogen presenta una desavantatge econòmica significativa, fortament condicionada pel preu del combustible i pel cost del vehicle, malgrat els seus avantatges en autonomia i temps de proveïment.

Concretament, l'anàlisi del preu d'equilibri de l'hidrogen per a camions pesants a Europa posa de manifest que, l'any 2024, aquesta tecnologia encara es troba lluny d'assolir la competitivitat econòmica respecte a les alternatives convencionals, principalment el dièsel. Els valors de preu d'equilibri obtinguts se situen majoritàriament en un rang comprès entre 3,4 i 4,4 €/kg d'hidrogen, amb una mitjana europea propera als 3,7–3,8 €/kg, fet que estableix un llindar de preu exigent per al desplegament d'aquesta tecnologia a gran escala.En comparació amb els preus reals actuals de l'hidrogen renovable, que habitualment superen els 6 €/kg i poden arribar als 12 €/kg en funció del país i de l'escala del projecte, es constata una bretxa econòmica significativa.

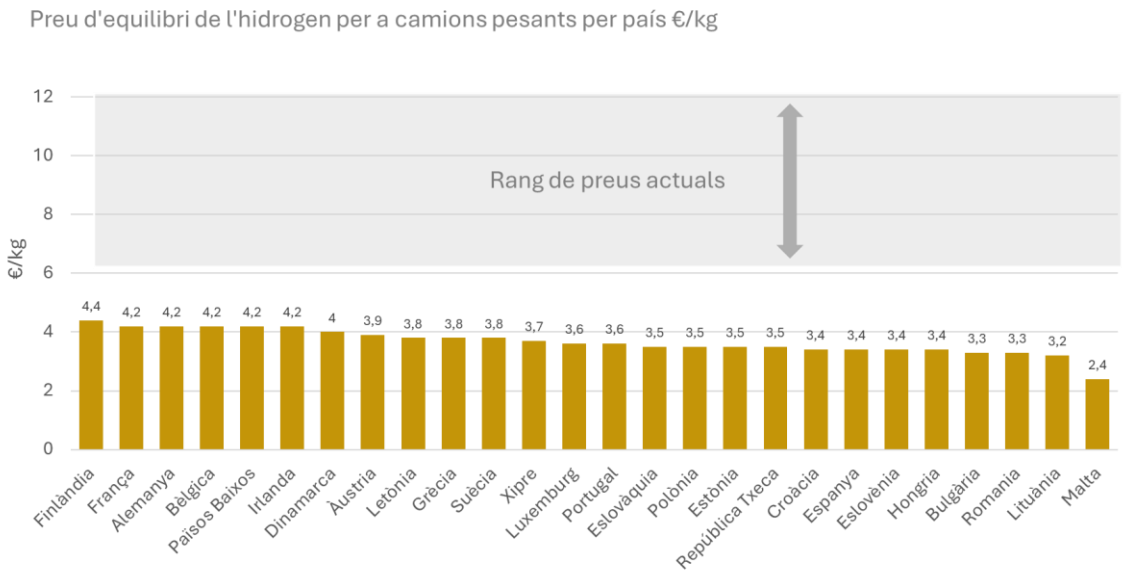


Figura 33 Preu d'equilibri de l'Hidrogen per a camions pesants per país.

FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de l'European Hydrogen Observatory

A curt termini, la descarbonització del transport pesant de llarga distància haurà de basar-se en una combinació de tecnologies, I 'HVO continuï jugant un paper rellevant com a solucions de transició, el BEV guanyi pes progressivament en corredors i operacions compatibles i l'hidrogen quedi restringit inicialment a aplicacions específiques o a escenaris amb fort suport públic i reduccions substancials del cost del combustible

L'informe de la ICCT inclou previsió d'escenari futurs d'evolució del TCO. Es mostra una tendència general de reducció dels costos per a totes les tecnologies entre 2023 i 2040, tot i que amb ritmes i magnituds clarament diferenciats segons el vector energètic i l'escenari d'autonomia. Aquest comportament reflecteix l'efecte combinat de l'aprenentatge tecnològic, les economies d'escala i la previsió de reducció del cost dels combustibles alternatius.

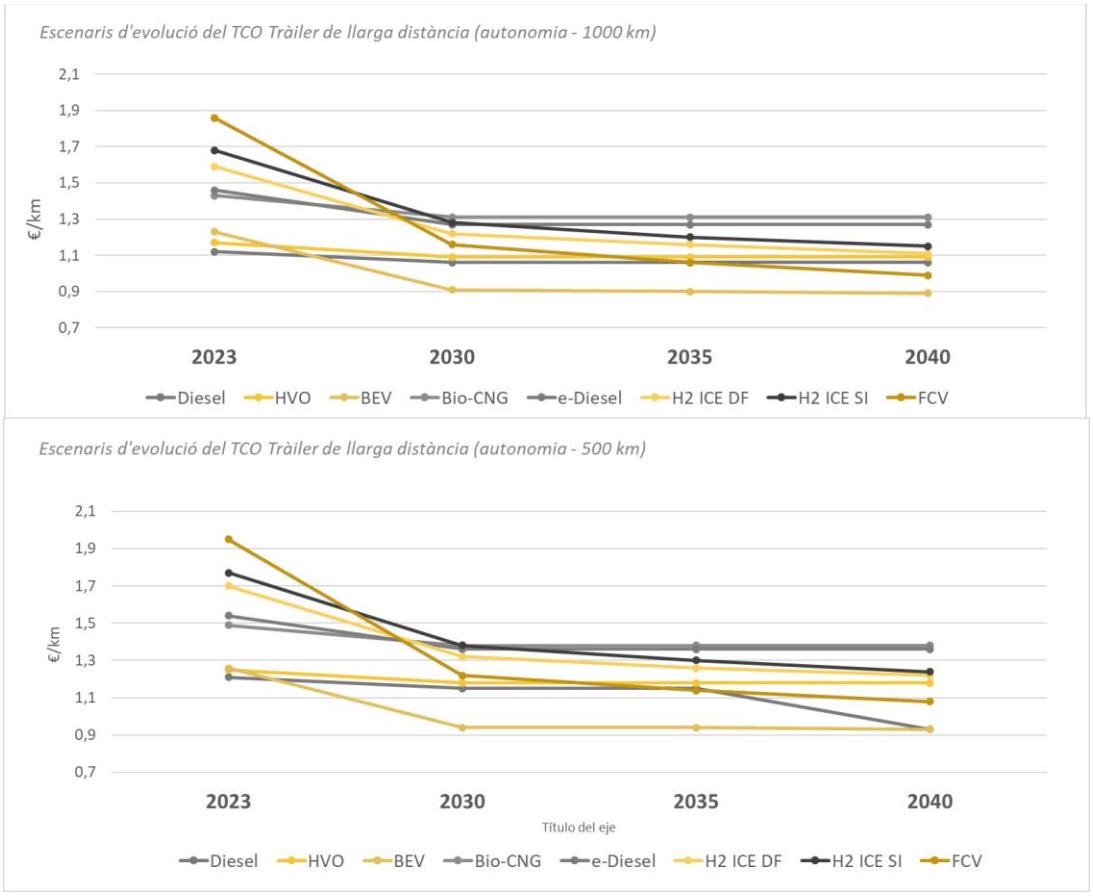


Figura 34 Escenaris d'evolució de TCO's de diferents tecnologies per a dos tipologies de vehicles pensants.

FONT:: Elaboració pròpia a partir de dades A total cost of ownership comparison of truck decarbonization pathways in Europe. ICCT. 2023

Com s'observa a continuació, els costos energètics disminueixen en el cas de vehicles elèctrics sobretot per aquells que tenen accés a la càrrega en subministrament propi. Si es depèn d'infraestructura pública, especialment en el cas de carregadors ràpids, el cost per quilòmetre d'aquests vehicles excedeix el cost de vehicles dièsel. La gràfica fa referència a turismes i furgonetes, però les conclusions es poden extrapolar al cas de vehicles pesants.

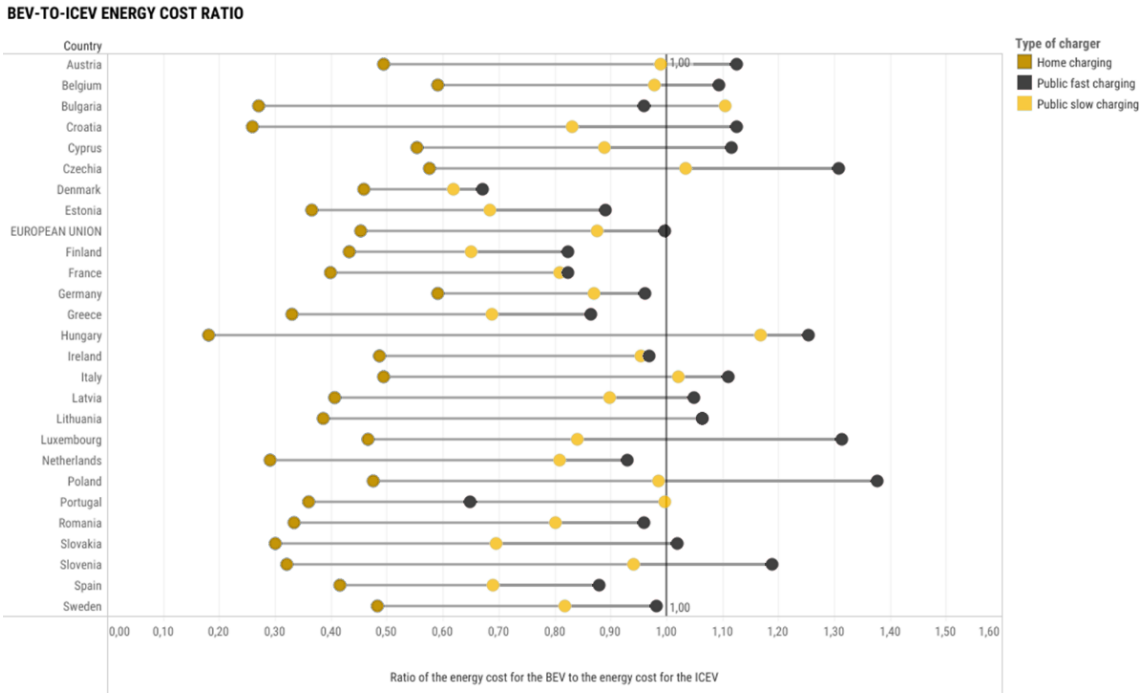


Figura 35 Rati del cost energètic BEV-Combustió Gasoil per països. Turismes i furgonetes

FONT. Mapping Europe's zero-emission transformation de ACEA

4. DESCARBONITZACIÓ DE LA FLOTA

4.1. Guia per a la descarbonització

L'electrificació o substitució dels vehicles de combustió de gasoil per vehicles de combustió d'hidrogen de les flotes de vehicle pesat s'ha convertit en un eix fonamental per assolir els objectius de descarbonització del transport i reduir l'impacte ambiental de les operacions logístiques. Un estudi de descarbonització de la flota ha de ser una anàlisi exhaustiva que analitzi la viabilitat tant tècnica com econòmica de substituir la tecnologia de vehicles actuals per tecnologies més netes. Aquest estudi ha de poder proporcionar no solament la proposta de substitució dels vehicles més adients, si no també les necessitats d'infraestructura de recàrrega o proveïment de combustible d'aquests vehicles i un pla d'implementació per fases.

L'anàlisi previ es basa en una combinació **d'anàlisi tècnica** (consum i autonomia dels vehicles, infraestructures de recàrrega i proveïment de combustible), **modelització operativa** (tipologia i distància de rutes, torns, temps de càrrega/descàrrega de mercaderies i de servei dels conductors), **avaluació econòmica** (costos d'adquisició, energètics i de manteniment, ajuts disponibles i amortització de la inversió), **valoració ambiental** (reducció d'emissions i impacte acústic) i **planificació estratègica** (fases d'implantació prioritzant rutes).

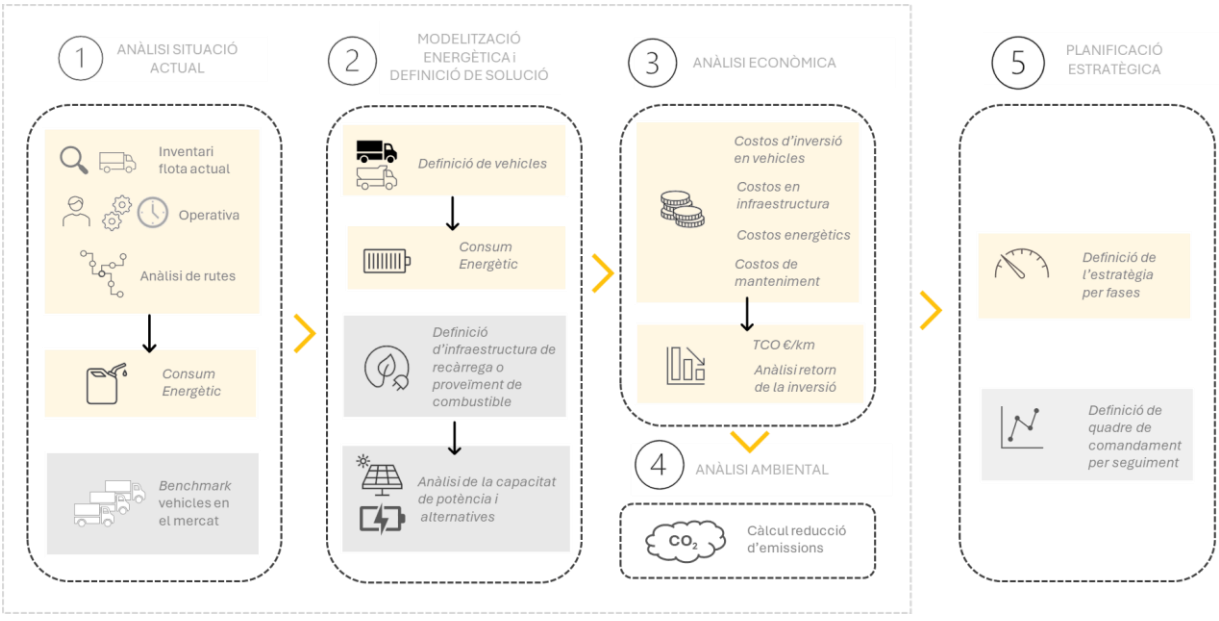


Figura 36 Guia per a la descarbonització de la flota.

FONT. Elaboració pròpia

En aquest sentit es parteix d'un anàlisi de la situació inicial, inventariant els vehicles de la flota actual i analitzant la seva activitat tant pel que fa als quilòmetres anuals recorreguts com per la tipologia de rutes realitzades (urbanes, regionals, de llarga distància; flotants o circulars; fixes o variables). A partir del *benchmark* de vehicles existents en el mercat es discerniran les variables que determinaran quins vehicles ens permetran realitzar la operativa de distribució de mercaderies requerida, i una vegada escollits els vehicles més adients, es durà a terme la modelització energètica que és clau per predir el comportament real dels nous camions i les necessitats de capacitat de bateria en el cas de vehicles elèctrics.

En cas que s'opti per la instal·lació de punts de recàrrega o de proveïment de combustible propis caldrà dimensionar la infraestructura més adequada segons el nombre de camions i les exigències operatives. De la mateixa manera es farà necessari analitzar la capacitat actual de potència del punt de subministrament actual y les necessitats futures. Es consideraran opcions com la instal·lació d'energia solar fotovoltaica i/o bateries estacionàries (BESS) per a reduir pics de demanda.

Seguidament, la comparació econòmica entre el vehicle actual de combustió dièsel i elèctric o d'hidrogen és essencial per justificar la inversió en la descarbonització de la flota. Cal proporcionar una visió completa del cost total de propietat en €/km (TCO) en cada cas, incloent els costos inicials en vehicles i infraestructures (CAPEX), els costos energètics i de manteniment (OPEX) i l'impacte en la reducció de costos de les subvencions disponibles. A més, tenint en compte que el canvi de flota no només és una qüestió econòmica o tècnica, sinó també ambiental, és necessari quantificar la reducció d'emissions i els beneficis addicionals en qualitat de l'aire i soroll, molt rellevants en àrees urbanes. Per tant, caldrà valorar la reducció d'emissions de CO_2 equivalent, la reducció de NOx i PM i la reducció de dB.

Finalment, per a què la descarbonització de la flota sigui efectiva, caldrà definir les fases del canvi de flota, començant per prioritzar aquelles rutes i vehicles amb millor retorn de la inversió.

4.2. Exemple d'anàlisi comparatiu

Es disposa d'un llistat de rutes a efectuar per a una empresa dedicada a la fabricació d'envasos per a diferents usos y que distribueix els seus productes a diferents empreses manufactureres. L'empresa disposa de flota pròpia de camions i disposa d'un magatzem principal de producte. Disposen de clients en 12 polígons industrials del territori autonòmic i nacional. Les rutes a efectuar són les següents:

		km anada	km tornada
RUTA 01	Magatzem Central-**Municipi 1**-Magatzem Central	17,6	17,6
RUTA 02	Magatzem Central- **Municipi 2**-Magatzem Central	12	10
RUTA 03	Magatzem Central-**Municipi 3**-Magatzem Central	105	105
RUTA 04	Magatzem Central-**Municipi 4**-Magatzem Central	110	110
RUTA 05	Magatzem Central-**Municipi 5**-Magatzem Central	69	66
RUTA 06	Magatzem Central-**Municipi 6**-Magatzem Central	128	124
RUTA 07	Magatzem Central-**Municipi 7**-Magatzem Central	129	126
RUTA 08	Magatzem Central- **Municipi 8**-Magatzem Central	144	139
RUTA 09	Magatzem Central-**Municipi 9**-Magatzem Central	131	133
RUTA 10	Magatzem Central-**Municipi 10**-Magatzem Central	181	180
RUTA 11	Magatzem Central-**Municipi 11**-Magatzem Central	242	242
RUTA 12	Magatzem Central- **Municipi 12**-Magatzem Central	405	405

Taula 1 Llistat de rutes exemple cas pràctic.

FONT. Elaboració pròpia

En cada parada a cada polígon el camió descarrega la totalitat de la seva mercaderia i ha de retornar al magatzem principal a carregar de nou, es a dir, es tracta de rutes circulars.

L'empesa actualment disposa de 7 camions de caixa seca de combustió gasoil tipus N_3 de càrrega útil ≈22 tones, configuració d'eixos 4x2.

Es cerquen models de camions elèctrics en el mercat que compleixen les característiques dels camions actuals:

	Capacitat útil batería kWh	**Potència de càrrega máxima kW**	**Temps de càrrega**	**Autonomía declarada**	**Càrrega útil (tones)**
MODEL 1 ELÈCTRIC	320	Fins a 750 (MCS)	≈45 min	~400 km	18
MODEL 2 ELÈCTRIC	621	400	≈1,5 hora	~500 km	22
MODEL 3 ELÈCTRIC	540	350	≈1,5 hora	~450 km	19

Taula 2 Característiques vehicles elèctrics exemple cas pràctic.

FONT. Elaboració pròpia a partir de fitxes de vehicles al mercat.

Es calcula per cada ruta un consum energètic estimat considerant un consum promig del vehicle elèctric de 1,2kWh/km amb el camió amb càrrega i 0,9kWh/km amb el camió sense càrrega. S'observa com amb el model 3 i el model 2 es podrien realitzar totes les rutes sense càrrega entre ruta excepte la ruta 12.

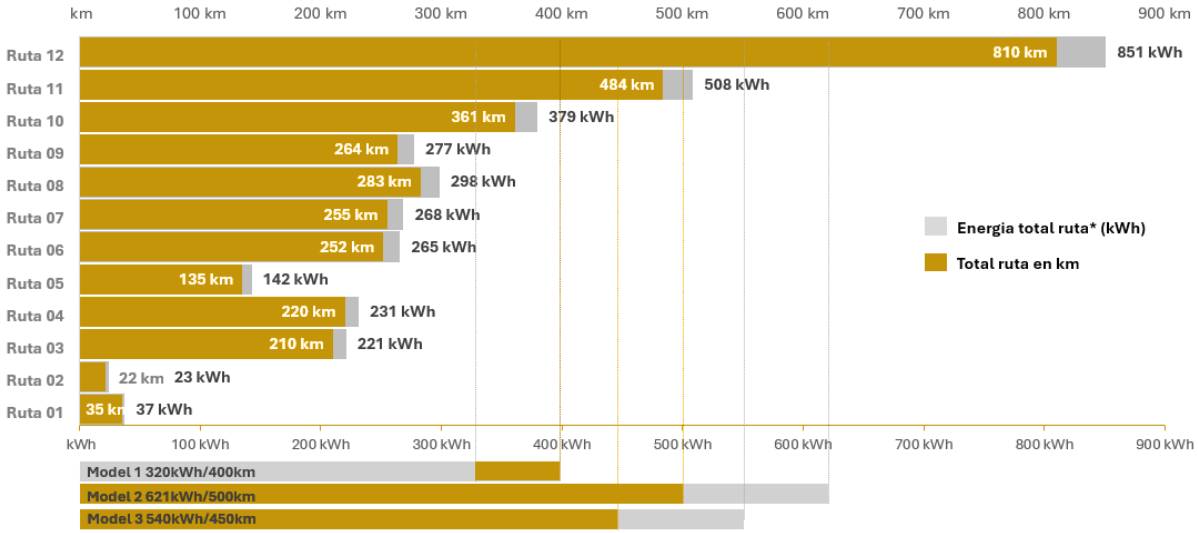


Figura 37 Comparativa entre energia i km rutes vs. Autonomia vehicles elèctrics.

FONT. Elaboració pròpia

Es fa el mateix per a models de camions de combustió d'hidrogen.

	Autonomia km	Càrrega útil tones
MODEL 1 HIDROGEN	400	35
MODEL 2 HIDROGEN	400	27
MODEL 3 HIDROGEN	800	24.7

Taula 3 Característiques vehicles hidrogen exemple cas pràctic.

FONT. Elaboració pròpia a partir de fitxes de vehicles al mercat.

S'observa com amb el model 3 es poden finalitzar totes les rutes i amb els models 1 i 2 totes excepte la ruta 11 i 12.



Figura 38 Comparativa entre km rutes vs. Autonomia vehicles hidrogen.

FONT. Elaboració pròpia

A partir de l'anàlisi previ de rutes individuals es defineixen jornades de treball completes combinant rutes que permetin aprofitar l'autonomia dels camions sense sobrepassar les hores de conducció i de treball total dels camioners.

En aquest sentit la normativa de seguretat del transport per carretera indica pel que fa al temps de conducció:

- El temps de conducció setmanal no superarà les 56 hores (entenent per setmana el període de temps entre les 00h del dilluns i les 24h del diumenge)[7].
- El temps màxim de conducció diari no pot excedir les 9 hores, excepte dos vegades a la setmana que pot arribar a les 10 hores.[8]
- El temps de conducció en dues setmanes consecutives no pot excedir les 90 hores[9]
- Després d' un període de conducció de quatre hores i mitja, el conductor farà una pausa ininterrompuda d' almenys 45 minuts, llevat que prengui un període de descans. Es pot substituir aquesta pausa per una pausa d'almenys 15 minuts seguida d' una pausa d' almenys 30 minuts, ambdues intercalades en el període de conducció de 4 hores i mitja.[10]

Pel que fa al temps de treball total dels conductors el temps de treball serà com a màxim de 60h/setmana amb un promig de 48h setmanals calculades en un període de referència de 4 mesos. El temps de treball inclou conducció, càrrega i descàrrega de mercaderies, tasques administratives, control del vehicle, neteja, manteniment i revisions.[11]

Tenint en compte lo anterior es considerarà una jornada diària de dilluns a divendres de 9,6 hores (48 hores setmanals).

Els paràmetres considerats per al càlcul són:

- Consum camió amb càrrega: 1.2kWh/km
- Consum camió sense càrrega: 0,9 kWh/km
- Capacitat útil bateria 540kW
- Potència de càrrega 350kW
- Velocitat promig: 67,5 km/hora
- Temps de càrrega de mercaderia per ruta: 30 minuts
- Temps de descàrrega de mercaderia per ruta: 30 minuts
- Temps morts per ruta: 20 minuts

S'obtenen les 7 combinacions de rutes següents:

- **Torn 1:** Ruta 3 + Ruta 6
- **Torn 2:** Ruta 1 + Ruta 2 + Ruta 8
- **Torn 3:** Ruta 5 + Ruta 9
- **Torn 4:** Ruta 4 + Ruta 7
- **Torn 5:** Ruta 11
- **Torn 6:** Ruta 10
- **Torn 7:** Ruta 12

[7] Article 6.2 del Reglament (CE) nº 561/2006
[8] Article 6.1 del Reglament (CE) nº 561/2006
[9] Article 6.3 del Reglament (CE) nº 561/2006
[10] Article 7 del Reglament (CE) nº 561/2006
[11] Article 10 Real Decreto 1561/1995

Com s'observa en la figura a sota, pel que fa a les hores de conducció dels camioners només la combinació 7 excedeix les 9 hores diàries, pel que es requeriria de dos conductors. La resta no excedeix les hores de conducció per tant serien vàlides per ser realitzades en una jornada per un sol conductor. Pel que fa al temps de treball total s'excedeix les 9,6 hores/dia promig en algunes de les combinacions, pel que es requeriria d'organització de calendari de rutes entre conductors per a que no s'arribessin a superar les 48h/setmana en el promig de 4 mesos.

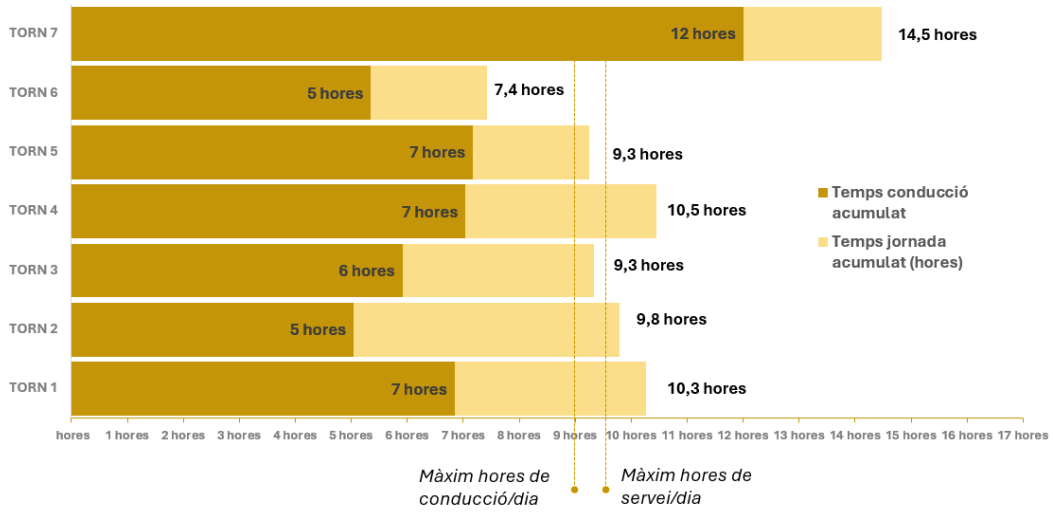


Figura 39 Temps de conducció i servei acumulat combinació de rutes exemple cas pràctic.

FONT. Elaboració pròpia

Pel que fa al consum en energia elèctrica en el cas de la tecnologia de vehicle elèctric, de les combinacions de rutes considerades, amb els models de vehicle 2 i 3, només la combinació 7 requereix imprescindiblement la càrrega en el punt de descàrrega de mercaderies per poder completar tota la jornada, amb temps de càrrega superior al temps de descans de 45 minuts (28minuts addicionals). La resta de combinacions permeten fer la totalitat de la jornada sense carregar la bateria i realitzar la càrrega total en la central durant la nit. La decisió de carregar o no en parades al magatzem central o client en les combinacions de la 1 a la 6 dependrà de la disponibilitat de carregadors ràpids a la central i de l'estratègia de minimització de costos.

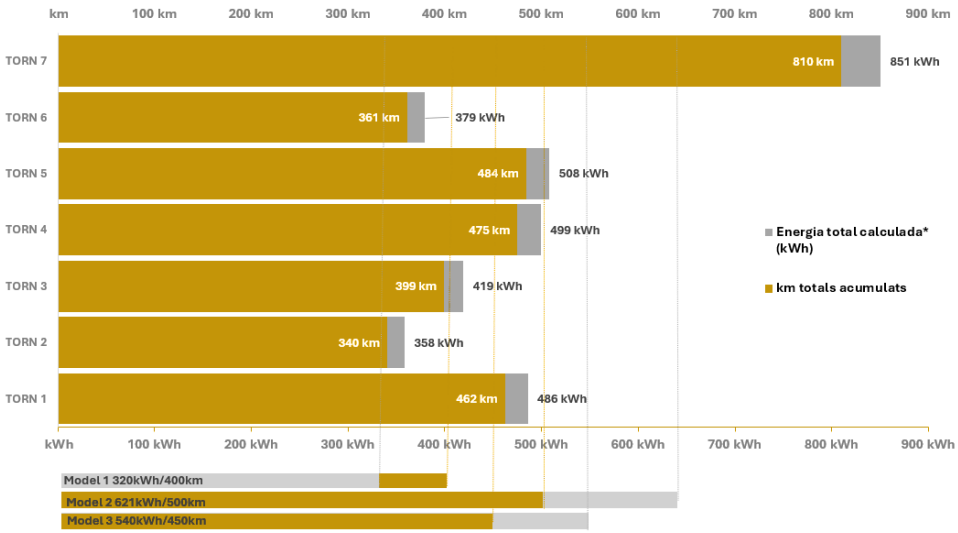


Figura 40 Energia i km acumulats combinació de rutes exemple cas pràctic. Comparativa amb models vehicle elèctric

FONT. Elaboració pròpia

Si considerem el cas de vehicle de combustió d'hidrogen de les combinacions de rutes considerades, amb el model de vehicle 3, només la combinació 7 requereix imprescindiblement de proveïment de combustible en ruta. La resta de combinacions permeten fer la totalitat de la jornada amb l'autonomia del vehicle.

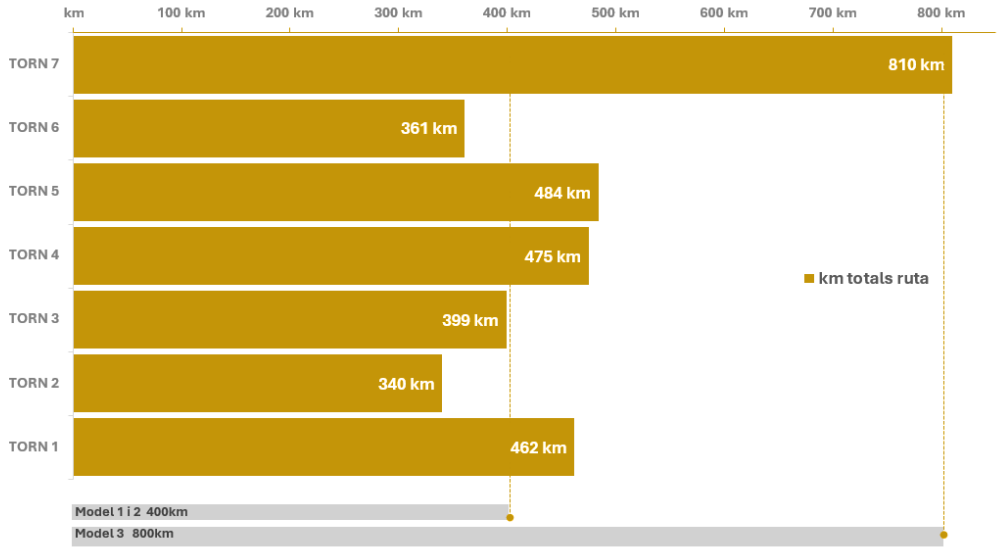


Figura 41 km acumulats combinació de rutes exemple cas pràctic. Comparativa amb models vehicle hidrogen.

FONT. Elaboració pròpia

Amb l'anàlisi anterior es conclou que existeixen vehicles en el mercat, tant elèctrics com de combustió d'hidrogen, que permeten dur a terme la operativa requerida, considerant una organització de personal adequada.

El següent pas és quantificar els costos d'inversió i d'operació, tant dels vehicles com de les infraestructures necessàries de càrrega i proveïment. S'han considerat 261 dies laborables en els que cada dia es realitzen tots els torns, i es consideren sis escenaris segons tecnologia de vehicle escollida i segons si s'inclou infraestructura pròpia o no, partint de l'escenari actual amb combustible gasoil. També en els casos en què es considera infraestructura de recàrrega es pot considerar que s'afegeix un instal·lació solar fotovoltaica per a reduir costos d'electricitat i emissions.

Els escenaris considerats són els següents:

- **E0:** Vehicle gasoil
- **E1:** Vehicle hidrogen amb hidrogenera pròpia i amb subministrament amb GdO's[12]
- **E2:** Vehicle hidrogen amb hidrogenera pròpia i amb fotovoltaica + emmagatzematge
- **E3:** Vehicle hidrogen amb compra hidrogen a subministrador
- **E4:** Vehicle elèctric amb punts de recàrrega propis i amb subministrament amb GdO's
- **E5:** Vehicle elèctric amb punts de recàrrega propis i amb fotovoltaica + emmagatzematge
- **E6:** Vehicle elèctric amb punts de recàrrega Hub extern

[12] *GdO's: Garanties d'Origen renovables de l'energia elèctrica comprada a comercialitzadora*

Consideracions al càlcul:

- *En el càlcul del OPEX s'han considerat els costos de combustible i/o electricitat i els costos de manteniment, així com el cost de peatges per augment de potència contractada si s'escau. En el cas dels escenaris que compten amb infraestructura pròpia de recàrrega en aquells torns que cal fer recàrrega en ruta (Torn 7) també es considera el cost de l'energia en Hub de recàrrega.*
- *El CAPEX és el diferencial entre inversió en vehicle gasoil i inversió del vehicle verd i infraestructures si s'escau. Els costos d'inversió considerats en tots els escenaris han estat: Inversió en vehicles, inversió en infraestructura de recàrrega de vehicle elèctric, hidrogenera o infraestructura d'hidrogen (dipòsits), costos de punt de connexió i estació transformadora per al subministrament de la infraestructura de recàrrega o hidrogen i costos d'inversió d'instal·lació solar fotovoltaica i emmagatzematge. En el cas dels escenaris que compten amb energia FV també s'ha dimensionat i valorat econòmicament una bateria per a poder emmagatzemar l'energia elèctrica renovable generada que cal consumir a la nit, de manera que es considera un 100% d'autogeneració. Escenaris intermitjos podrien considerar un nivell d'autogeneració menor amb menor inversió.*
- *S'inclou en el cas dels vehicles elèctrics un ingrés per Certificats d'Estalvi Energètic CAES que redueix el CAPEX*
- *Per al càlcul del TCO s'ha inclòs el valor residual vehicles al final de la seva vida útil que s'ha considerat 6 anys.*

Els resultats obtinguts es mostren en les figures següents.

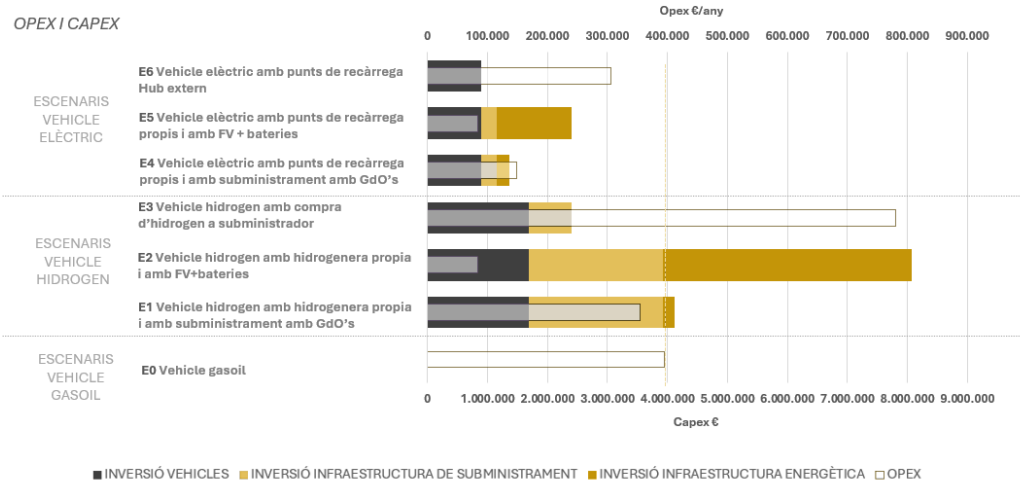


Figura 42 CAPEX i OPEX escenaris analitzats.

FONT. Elaboració pròpia

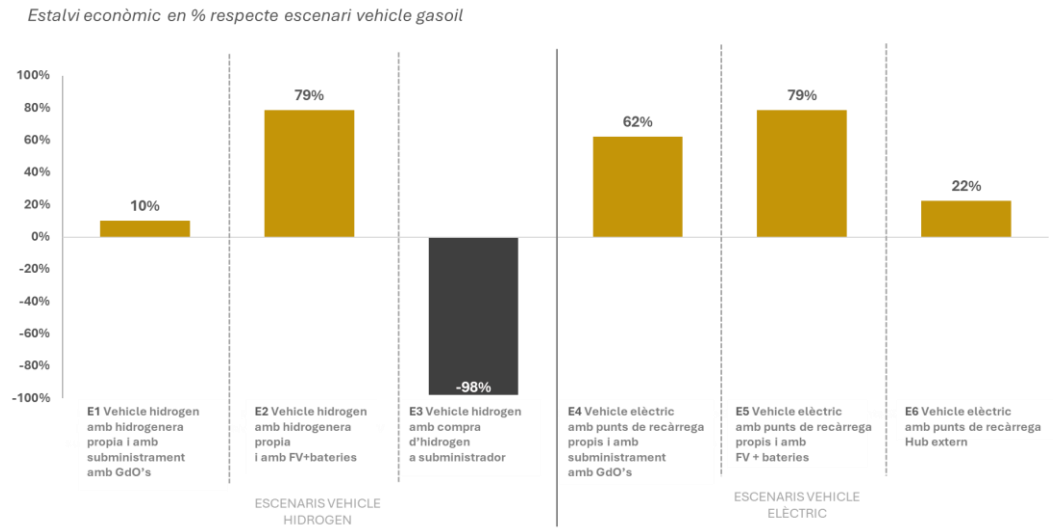


Figura 43 Estalvi econòmic en % respecte escenari gasoil

FONT. Elaboració pròpia

S'observa com en tots els escenaris s'obtenen estalvis econòmics respecte l'escenari amb vehicle gasoil, excepte l'escenari amb vehicle hidrogen amb compra a subministrador, donat que el preu de l'hidrogen verd encara és elevat (s'ha considerat 12€/kg). Destaca també l'elevat cost d'inversió dels escenaris E1 i E2 per l'elevat cost d'inversió de la hidrogenera, a més de en l'E2 els costos en instal·lació fotovoltaica i bateries.

Amb tot, només l'escenari E5. Vehicle elèctric amb punt de recàrrega propi i subministrament amb GdO's dona lloc a un VAN positiu.

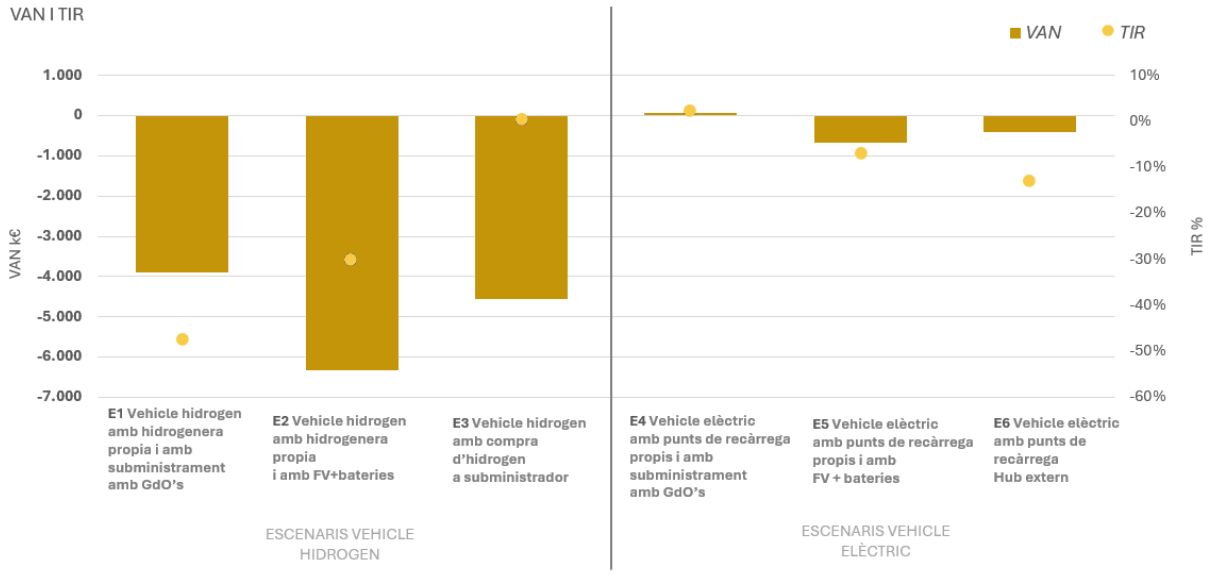


Figura 44 VAN I TIR escenaris analitzats

FONT. Elaboració pròpia

A partir dels costos operacionals en 6 anys de vida útil (costos energia, costos de manteniment i reparacions), els costos d'inversió i el valor residual del vehicles es troba el cost total de propietat TCO en €/km. El vehicle d'hidrogen es troba, en tots tres escenaris, molt per sobre del vehicle gasoil, mentre que el vehicle elèctric es troba per sota en l'escenari E4 i molt proper a E0 en els escenaris E5 i E6.

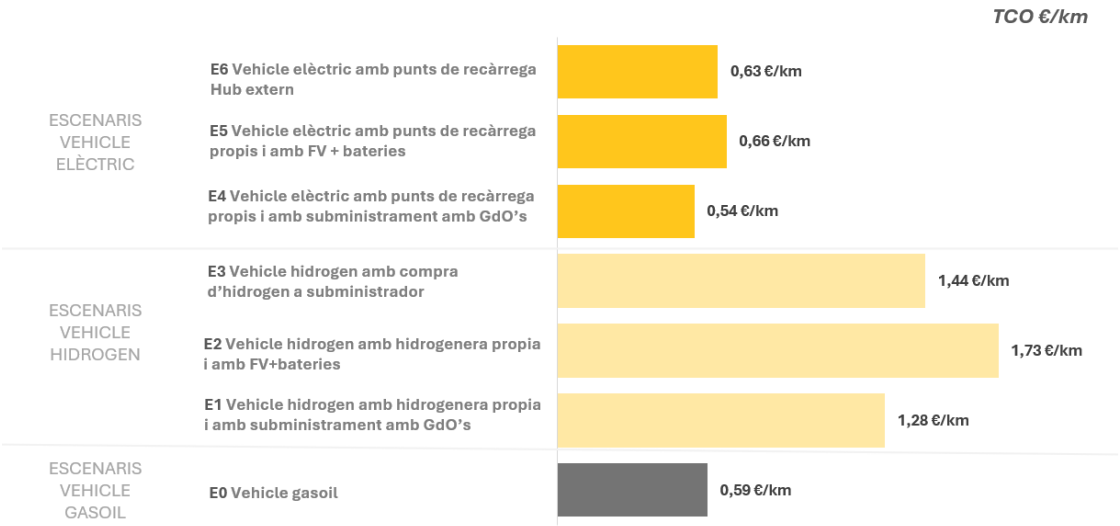


Figura 45 TCO escenaris.

FONT. Elaboració pròpia

Els preus d'equilibri del gasoil van de l'1,2€/litre de l'escenari E6 als 4,2€/litre a l'escenari E2.

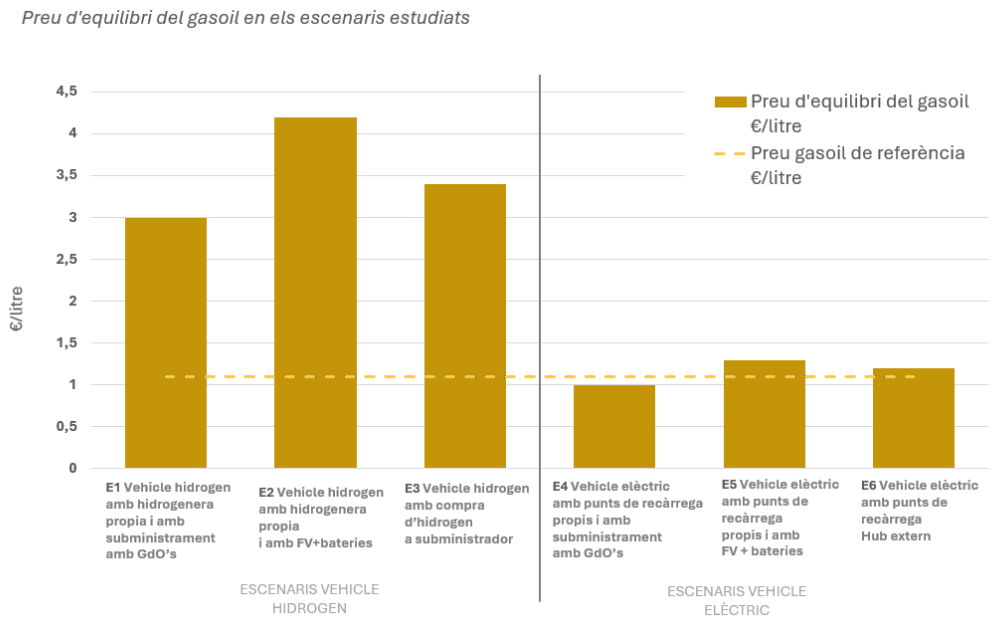


Figura 46 Preu d'equilibri del gasoil en els escenaris estudiats.

FONT. Elaboració pròpia

Pel que fa a la reducció d'emissions de CO_2 associades (abast 1 i 2) tots els escenaris reporten reduccions del 100% o properes al 100%, excepte l'escenari E6 en el que la càrrega es realitza en *hub* de recàrrega amb subministrament sense garanties d'origen renovable. Els escenaris E4 i E5, compten amb infraestructura pròpia de recàrrega, però en aquells torns que cal fer recàrrega en ruta també es consideren les emissions per l'energia elèctrica en Hub de recàrrega.

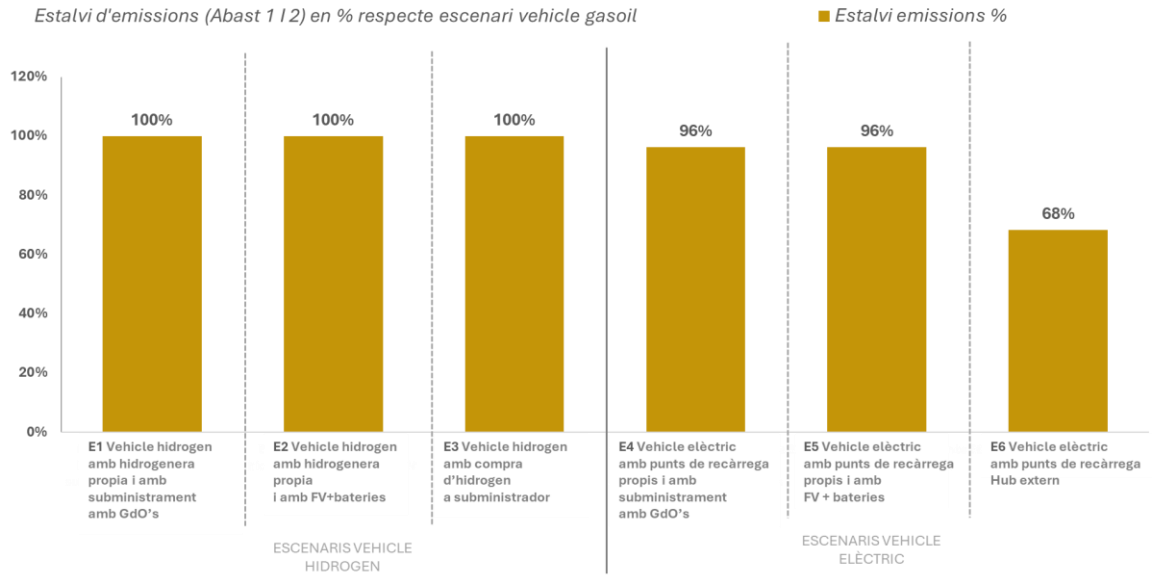


Figura 47 Estalvi d'emissions en % respecte escenari gasoil.

FONT. Elaboració pròpia

4.3. Cas d'èxit

En un context de pressió creixent per reduir les emissions del transport pesant, el sector del transport d'animals vius presenta unes condicions especialment exigents: operativa contínua, rutes llargues, càrregues elevades i una tolerància molt baixa a incidències. En aquest escenari, l'experiència d'una empresa amb base a Torreserona (Lleida)[13] constitueix un exemple rellevant de com la descarbonització mitjançant l'electrificació pot ser viable quan s'integra de manera coherent dins del model logístic i energètic de l'empresa.

L'empresa opera una flota de 35 camions dedicats principalment al transport d'animals vius entre Catalunya i Aragó, amb activitat les 24 hores del dia, sis dies a la setmana. Dins d'aquesta flota, ja hi ha dos camions elèctrics en operació i dos més en fase d'implantació. Els vehicles seleccionats disposen d'una autonomia operativa que se situa entre els 500 i 650 quilòmetres. Aquesta autonomia, combinada amb la ubicació estratègica del centre logístic, permet cobrir la major part de les rutes habituals sense alterar els estàndards de servei. Un element normatiu clau és la possibilitat d'operar fins a 44 tones amb un marge addicional de dues tones en el cas dels vehicles elèctrics, fet que neutralitza l'impacte del pes de les bateries sobre la capacitat útil.

La implantació dels camions elèctrics s'ha fet mitjançant un esquema financer que redueix el risc inicial i facilita l'escalabilitat. Els vehicles s'han incorporat a través d'un renting amb opció de propietat al final del període, mentre que la infraestructura de recàrrega i la generació renovable associada s'han beneficiat d'un cofinançament del 50% mitjançant fons europeus. A això s'hi suma la monetització dels Certificats d'Estalvi Energètic, que aporten aproximadament 18.000 euros per cada camió i milloren de manera significativa l'equació econòmica del projecte. Aquest conjunt d'eines financeres ha permès que la decisió d'electrificar no comprometi la solidesa econòmica de l'empresa.

Des del punt de vista operatiu, el cas destaca per l'adequació entre el disseny de rutes i les característiques del vehicle elèctric. Sense treballar amb rutes estrictament fixes, l'empresa opera dins d'un radi d'acció estable al voltant del seu centre logístic. Un patró habitual consisteix a recórrer uns 200–220 km fins a la zona de càrrega de mercaderia i una distància similar fins a la zona de descàrrega, amb retorn al centre entre operacions. Aquest esquema permet integrar parades de recàrrega de 45 minuts al centre logístic que coincideixen amb els descansos reglamentaris dels conductors, eliminant pràcticament l'impacte temporal de la recàrrega. Amb aquesta configuració, els camions elèctrics poden assolir recorreguts diaris de 700–750 km amb un sol conductor, i fins a 900–1.000 km quan es treballa amb dos conductors, fet que permet una utilització intensiva del vehicle.

La disponibilitat de càrrega d'alta potència és un altre element estructural del model. Amb carregadors de 350 a 400 kW, una parada de 45 minuts permet recuperar prop de 275 kWh, suficients per assolir autonomies combinades pròximes als 800 km. Aquest nivell de potència és clau per garantir la continuïtat operativa i minimitzar la dependència de la infraestructura pública, que encara presenta desigualtats territorials. En rutes puntuals de major longitud, com les connexions amb Sòria, l'empresa complementa la recàrrega amb parades intermèdies en punts estratègics com Saragossa, demostrant que l'electrificació també és possible fora de corredors estrictament radials.

L'estratègia energètica va més enllà de la simple electrificació del vehicle. L'empresa ha desplegat una xarxa pròpia de 12 punts de recàrrega, concebuda no només per donar servei a la seva flota, sinó també com a infraestructura oberta a altres transportistes, amb sistemes de pagament integrats. Aquesta aposta es reforça amb un projecte d'autoproducció basat en 550 mòduls fotovoltaics i un sistema d'emmagatzematge d'1 MWh, que permet cobrir una part rellevant de la demanda energètica dels camions. En termes pràctics, aquesta capacitat equival

[13] Entrevista a Gabriel Bernal, CEO en TRANSBERNAL LOGISTICA CATALANA SL, Desembre 2025.

a l'energia necessària per recórrer aproximadament 1.000 km, amb un estalvi comparable a uns 300 euros en gasoil. L'amortització de la instal·lació fotovoltaica s'estima en uns 2,5 anys, la qual cosa consolida el paper de l'autoproducció com a factor clau de competitivitat.

Aquesta integració vehicle–infraestructura–energia es reflecteix en el cost total de propietat. En un estudi publicat pel propi CEO considerant la inversió, el manteniment durant 60 mesos amb garantia fins a un milió de quilòmetres i un valor residual estimat, el TCO estimat del camió elèctric se situa al voltant de 0,39 €/km. Aquest valor és comparable al del camió dièsel en operacions similars (0,47 €/km) i esdevé especialment competitiu quan una part significativa de la càrrega es realitza amb energia pròpia, amb costos entorn dels 0,11 €/kWh. D'aquesta manera, el cas demostra que la paritat econòmica és assolible quan es combinen alta utilització, control del cost energètic i instruments de suport adequats.

Des del punt de vista organitzatiu, la introducció del camió elèctric ha requerit una adaptació limitada. Tot i una reticència inicial per part d'alguns conductors, principalment associada a la percepció de les parades de recàrrega com a pèrdues de temps, l'experiència acumulada ha posat en valor millores clares en confort, prestacions i qualitat de conducció, especialment pel que fa al silenci i la resposta del vehicle. La formació necessària ha estat mínima i centrada en pautes de conducció eficient, com l'aprofitament de la frenada regenerativa en baixades.

Aquest cas d'èxit mostra que l'electrificació del transport pesant és una opció realista fins i tot en sectors d'alta exigència, sempre que es plantegi com un projecte integral i no com una simple substitució tecnològica. La combinació d'una operativa intensiva, una ubicació logística estratègica, infraestructura de càrrega d'alta potència i una aposta clara per l'autoproducció energètica permet superar les barreres habituals associades a l'autonomia, el cost i la fiabilitat. En aquest sentit, l'experiència analitzada aporta evidència pràctica rellevant per al debat sobre la descarbonització del transport pesant a escala territorial i sectorial.

5. BARRERES A SUPERAR

La transició del transport pesat cap als vehicles industrials de zero emissions es troba en una fase crítica de desenvolupament. Tot i els avenços tecnològics i el suport normatiu de la Unió Europea, que exigeix una reducció del 45% en emissions de CO_2 per a 2030, el mercat enfronta obstacles multidimensionals que en frenen la penetració. A finals de 2025, els vehicles industrials de zero emissions representaven només el 1,6% de les vendes totals de vehicles pesats a la UE-27 [14], amb Espanya significativament per sota de la mitjana europea (0,6%). Aquest apartat analitza les barreres clau que impedeixen l'adopció accelerada, estructurades en 9 categories estratègiques.

5.1. Cost inicial elevat i incertesa sobre el TCO

El cost d'un camió de transport pesats pot estar típicament entre 175.000 i els 255.000 € davant d'uns 110.000–115.000 € per a un camió de transport pesat de combustió interna. Principalment aquest cost està relacionat amb l'element d'emmagatzematge d'energia (capacitat d'emmagatzematge de la bateria entre 500 i 700 kWh) que està al voltant del 31% del cost del vehicle[15]. Aquest cost encara representa desenes de milers d'euros tot i la caiguda de preus que està experimentant (de ~140 €/kWh al 2023 a valors projectats de ~60-75 €/kWh el 2026[16]). Amb to, es projecten caigudes entre el 20-30% de reducció del cost total de fabricació.

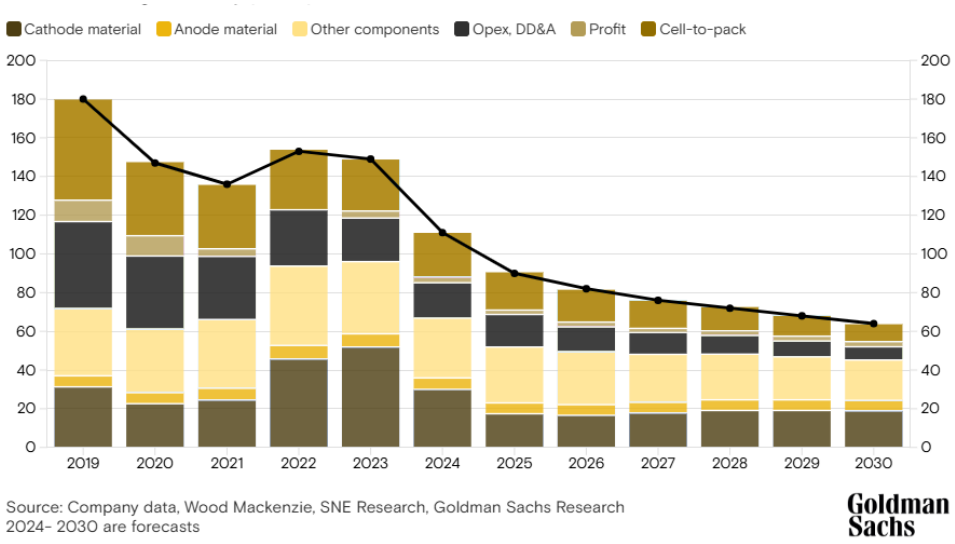


Figura 48 Previsió de l'evolució del preu del pack de bateries en $/kWh. 2024-2030 previsions

FONT: Goldman Sachs

Estudis de TCO mostren que, en rutes de llarga distància ben optimitzades, el cost per km del vehicle elèctric ja pot ser inferior al del dièsel, tot i que la rendibilitat és molt sensible als preus d'electricitat i gasoil i a l'ús efectiu del vehicle com ja s'ha exposat en el present informe. Això fa

[14] Race to zero: European heavy-duty vehicle market development quarterly (January–September 2025), The International Council of Clean Transportation (ICCT), Desembre 2025

[15] Battery-electric truck on the rise, Strategy&, Setembre 2024

[16] Electric vehicle battery prices are expected to fall almost 50% by 2026, Goldman Sachs, Octubre 2024

que per a moltes PIMEs espanyoles, amb marges estrets, el TCO d'un vehicle elèctric sigui percebut com elevat, altament incert i depenent de subsidis i condicions energètiques difícils de preveure.

5.2. Infraestructura de recàrrega pública d'alta potència insuficient i poc fiable

Actualment Espanya mostra 53 localitzacions amb punts de recàrrega per a camions elèctrics, amb una fracció limitada, el 43%, equipada amb carregadors de potències superiors a 350 kW. A Europa aquest número ascendeix a 313 localitzacions que disposen de carregadors de potències superiors a 350kW d'un total de 937 localitzacions (dades de novembre 2025). A Europa, el país líder en nombre d'ubicacions és Alemanya, amb 275 ubicacions de recàrrega i Suècia és líder amb ubicacions de recàrrega amb punts de recàrrega ultraràpida, amb 97 ubicacions de 350 kW. Espanya està per sota de la mitjana europea i necessita expansions urgents per complir l'AFIR i afavorir l'electrificació de flotes.

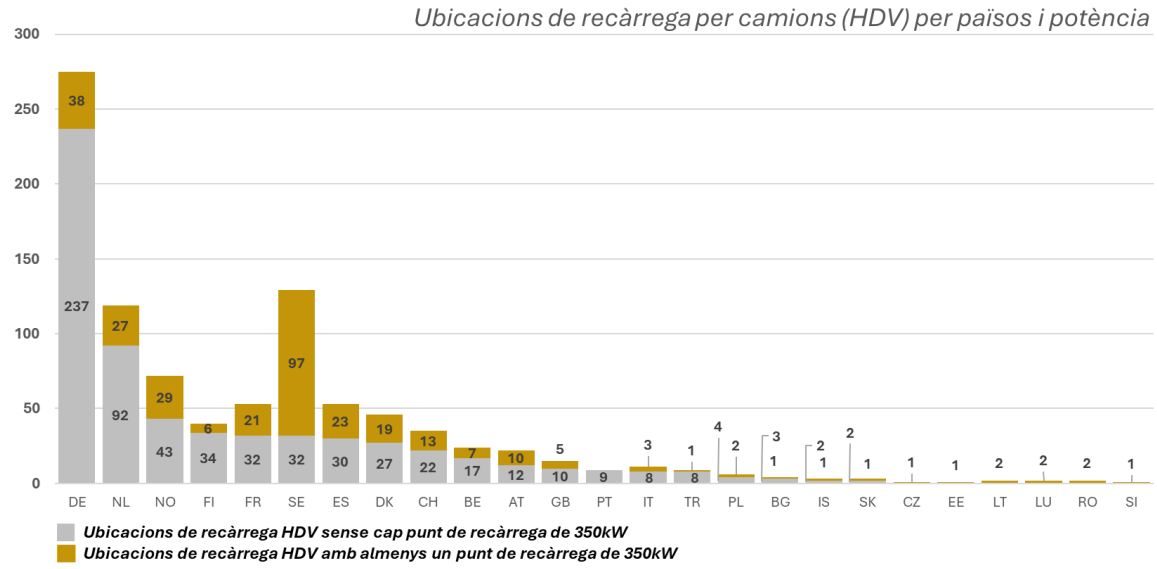


Figura 49 Ubicacions de recàrrega amb carregadors per camions (HDV) amb i sense càrrega 350kW per països

FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de Heavy-Duty Electric Truck Charging Infrastructure in Europe, European Alternative Fuels Observatory, Novembre 2025

A nivell de d'estacions de recàrrega, a Europa hi ha 472 estacions dedicades exclusivament a la càrrega de camions, d'un total de 2.988 estacions.[17] Espanya suma 104 estacions de recàrrega HDV, de les quals 84 formen part de localitzacions d'ús mix i només 20 estan dedicades exclusivament a camions elèctrics. Aquesta baixa proporció d'estacions exclusives i d'alta potència limita la fiabilitat operativa per als transportistes, especialment en rutes de llarga distància.

[17] Heavy-Duty Electric Truck Charging Infrastructure in Europe, European Alternative Fuels Observatory, Novembre 2025

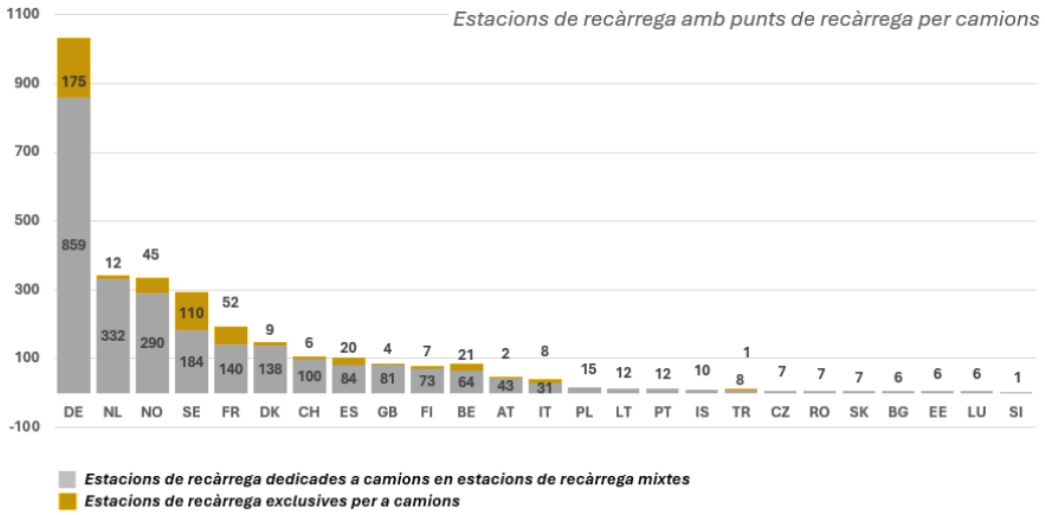


Figura 50 Estacions de recàrrega dedicades a camions.per països

FONT. Elaboració pròpia a partir de dades de Heavy-Duty Electric Truck Charging Infrastructure in Europe, European Alternative Fuels Observatory, Novembre 2025

Si s'apliquen les projeccions d'ACEA (Informe Mapping Europe's zero-emission transformation) al pes del transport de mercaderies espanyol, Espanya hauria de disposar al 2030 d'uns 19.000 - 22.000 punts de recàrrega específics per a camions elèctrics, dels quals prop de 15.000 - 18.000 se situarien en dipòsits i centres logístics i entre 3.000 i 4.000 correspondrien a infraestructura pública ràpida i nocturna distribuïda al llarg de la xarxa viària principal.[18]

5.3. Limitacions i incertesa sobre la capacitat de la xarxa elèctrica

La situació actual de capacitat d'accés concedida a la xarxa elèctrica espanyola (anys 2020-2024) mostra 43 GW totals aprovats pel MITECO, equivalents al doble de la demanda nacional. Aquesta capacitat d'accés està distribuïda en 12 GW data centers, 11,3 GW projectes industrials, 6 GW urbanístics, 3 GW hidrogen i 2,3 GW infraestructura de recàrrega de vehicles elèctrics, segons comunicat oficial Ministeri per a la Transició Ecològica (MITECO) al setembre de 2024.

La capacitat disponible per connectar nova demanda a la xarxa de distribució s'ha fet més transparent amb la obligació de publicació de mapes de capacitat de la xarxa, però la fotografia que en resulta és preocupant. Els mapes confirmen una saturació molt elevada, ja que un 83,4% dels nusos de distribució no tenen capacitat per admetre nova demanda[19]. En paral·lel, la CNMC ha assenyalat que al 2024 es van denegar més del 60% de les sol·licituds d'accés i connexió de demanda i emmagatzematge, principalment per falta de capacitat[20].

[18] Estimaicó pròpia a partir de les dades de l'informe Mapping Europe's zero-emission transformation, European Automobile Manufacturers' Association (ACEA), Novembre 2025
[19] Los mapas de capacidad revelan la saturación de la red de distribución eléctrica (83,4%) y refuerzan la necesidad de inversión para conectar a la demanda, AELEC, setembre 2025
[20] Nota de prensa CNMC Juny 2025

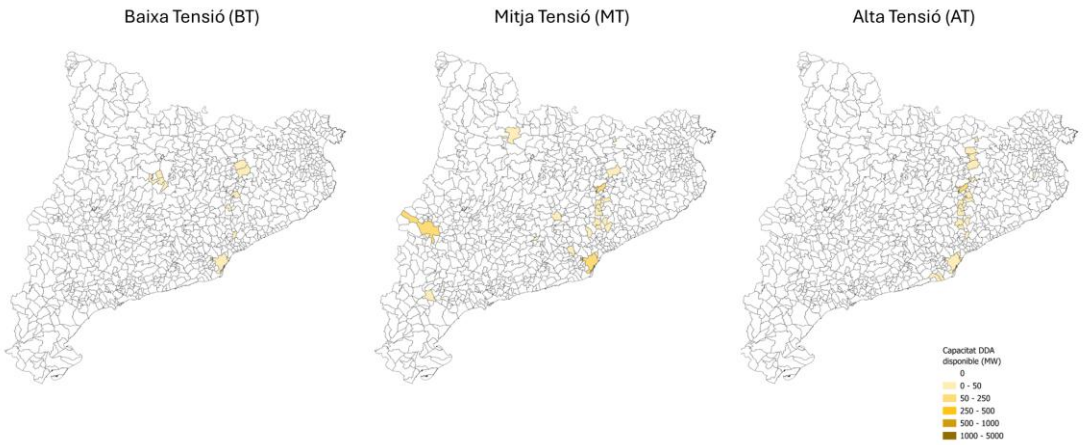


Figura 51 Situació actual de capacitat d'accés i connexió a la xarxa elèctrica

FONT: Elaboració pròpia a partir de informació publicada per empreses distribuïdores a Desembre 2025

Això té una conseqüència directa per al desenvolupament d'estacions de recàrrega per a camions degut a què moltes ubicacions òptimes des del punt de vista logístic (polígons consolidats, entorns d'autopistes, nodes de transport) coincideixen amb zones on la xarxa ja està tensionada per la demanda existent, electrificació industrial i noves peticions. Les alternatives en cas de saturació de la capacitat de xarxa en un punt concret acostumen a ser menys favorables (punts de connexió més llunyans, necessitat de línies noves amb servituds, etc.), incrementant l'exposició a permisos de pas, afectacions urbanístiques i complexitat constructiva.

A més, a nivell tècnic, una potència de l'ordre de 3 MW suposa la connexió a mitja tensió o alta tensió. D'aquesta manera, per a desenvolupar *hubs* de recàrrega, no només es tracta de necessitar més potència de xarxa, si no que els costos de connexió augmenten per la necessitat d'elements tals com centres de transformació, cel·les, proteccions i eventuals ampliacions de línies o posicions en subestació. El *hub* de recàrrega deixa de ser una actuació "puntual" per convertir-se sovint en un projecte d'infraestructura elèctrica associada.

En una anàlisi sectorial encara més explícita, s'indica que els temps d'instal·lació poden oscil·lar entre els 12-24 mesos per a punts de menor potència, i entre 24-36 mesos per a estacions d'alta potència. Les estacions de molt alta potència, com les de camions, podrien implicar terminis superiors a aquests 36 mesos[21]

5.4. Infraestructura d'hidrogen molt incipient

Segons anàlisis recents, Espanya té encara molt poques estacions de servei d'hidrogen operatives, i la majoria estan orientades a projectes pilots, autobusos o flotes molt específiques, no a una xarxa oberta de llarga distància per a camions. Encara que a l'estat espanyol s'han destinat 72,7 milions d'euros a 8 projectes de recàrrega de vehicles elèctrics (amb 589 punts de recàrrega) i 26 projectes de recàrrega d'hidrogen[22], la cobertura a nivell europeu és molt baixa,

[21] https://climatica.coop/hasta-tres-anos-punto-de-recarga-espana-culpa/, Artículo Climatica, Abril 2025
[22] España recibe fondos europeos por 72 millones para puntos de recarga y estaciones de carga de hidrógeno, El Periódico de la Energía, febrer 2025

amb un total de 318 punts tal com indica l'ACEA concentrats principalment a Alemanya i Països Baixos.

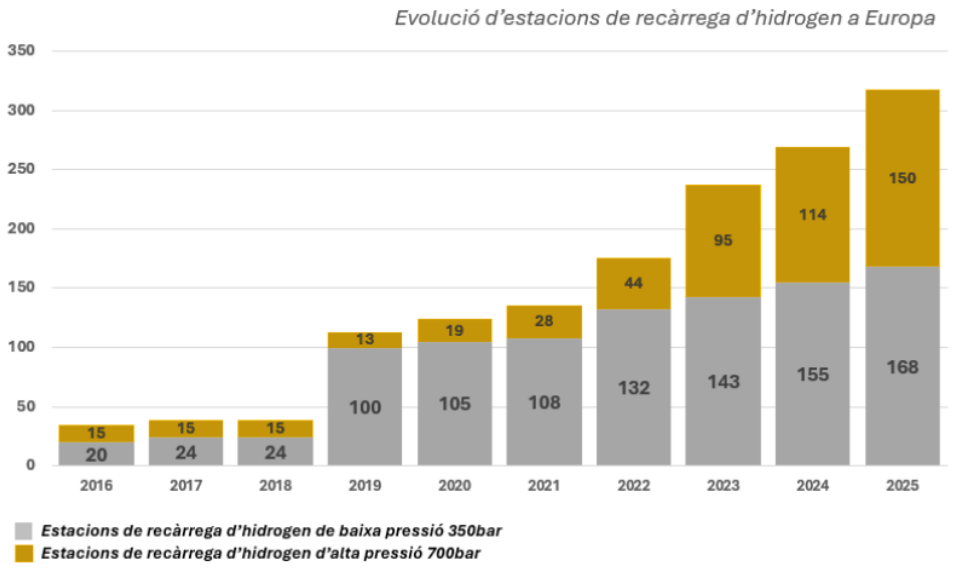


Figura 52 Evolució d'estacions de recàrrega d'hidrogen a Europa.

FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de Mapping Europe's zero-emission transformation de European Automobile Manufacturers' Association (ACEA)

Malgrat l'anunci de projectes futurs (AFIF, H2Med, hubs industrials), articles d'anàlisi sobre l'avenç de l'hidrogen verd a Espanya remarquen que la infraestructura de proveïment i el subministrament de H_2 renovable avança més lentament del previst per a què pugui ser capaç de donar servei massiu al transport pesat.

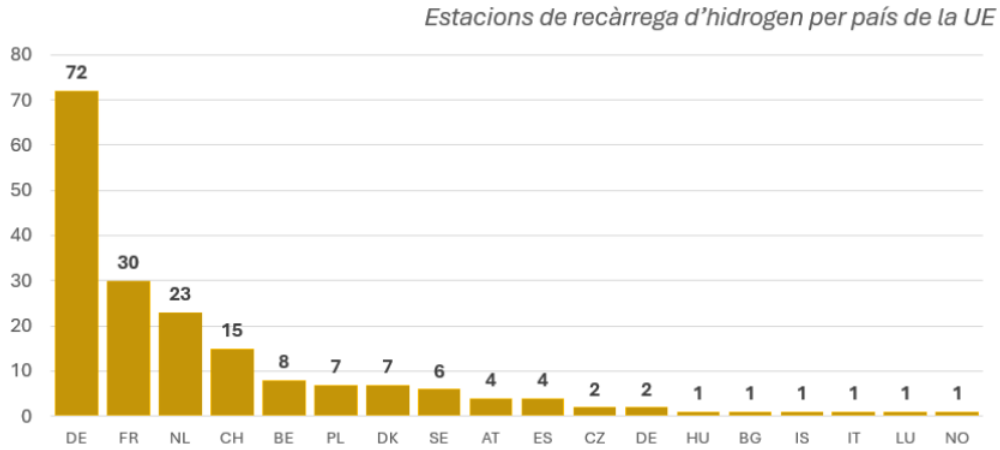


Figura 53 Estacions de recàrrega d'hidrogen per país a la UE.

FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de l'Informe Observatori Europeu de l'Hidrogen

Cal tenir en compte que l'AFIR obliga a tenir estacions d'hidrogen a la xarxa bàsica TEN-T al 2030, però a dia d'avui, el gap entre la situació real i l'objectiu establert és encara molt gran.

5.5. Oferta limitada i incertesa tecnològica per al llarg recorregut

En el context europeu, informes d'ICCT assenyalen que, tot i que les vendes de camions zero emissions estant creixent, els volums continuen sent molt baixos en relació amb el parc total de vehicles. Actualment els fabricants encara estan escalant la producció de tractors de llarga distància no obstant, existeix una percepció de falta d'oferta real per part dels transportistes espanyols, especialment en els segments >40t i rutes >400 km, tot i que ja hi ha una oferta real amb capacitat per cobrir rutes determinades.

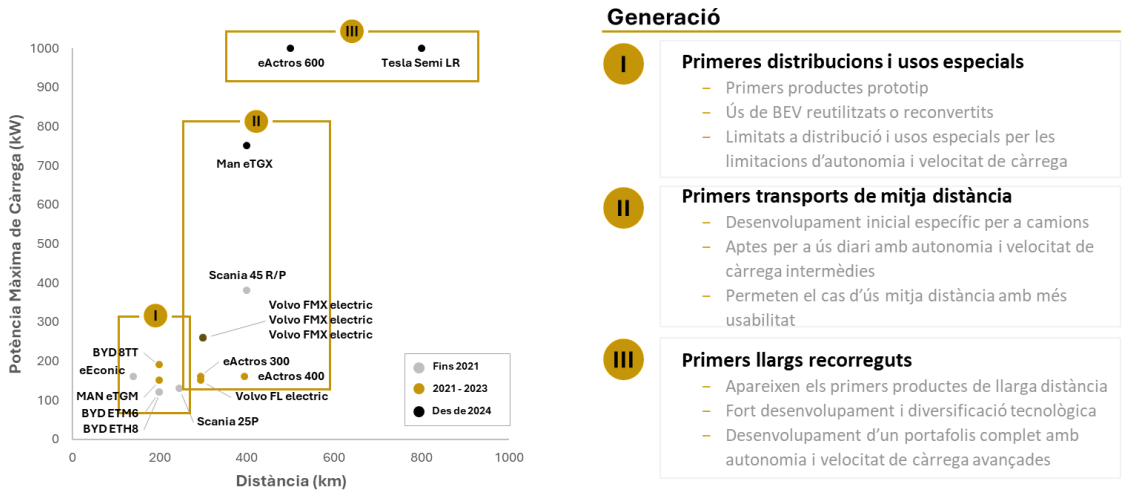


Figura 54 Oferta actual de camions elèctrics.

FONT: Battery-electric truck on the rise, Strategy&, Setembre 2024

5.6. Barreres operatives: autonomia, temps de recàrrega i payload

Segons un estudi d'AECOC sobre energia elèctrica en el transport de mercaderies a Espanya, que recull una enquesta realitzada a fabricants, distribuïdors, operadors logístics i de repartiment per a conèixer la situació real pel que fa a la renovació de les seves flotes a energia elèctrica, l'autonomia és la primera barrera percebuda (77% dels enquestats) tot i que la necessitat d'infraestructura i el preu dels vehicles es mostren també com a obstacles destacats.[23]

Els camions elèctrics pesats actuals poden cobrir molts serveis regionals, però per a rutes molt llargues les empreses perceben risc de temps de recàrrega que interfereix amb els temps de conducció i descans i necessitat de reorganitzar rutes i operativa.

Tot i que la normativa europea permet una sobrecàrrega de fins a 2 tones per a vehicles de zero emissions, molts transportistes espanyols continuen preocupats per la possible pèrdua de payload útil en el serveis.

[23] La Energía Eléctrica en el Transporte de Mercancías, AECOC, Maig 2022

5.7. Estructura del sector: atomitzat, envellit i marges estrets

Un estudi recent de FUNDAE sobre el sector del transport de mercaderies per carretera a Espanya mostra que el 96 % de les empreses del sector són microempreses (<10 treballadors), mentre que el 4,31% té entre 10 i 249 treballadors i només el 0,06 % són grans empreses.

A més, el 69,7 % dels negocis estan gestionats per persones físiques, és a dir, autònoms o empreses molt petites, amb poca capacitat financera i administrativa per assumir riscos tecnològics.

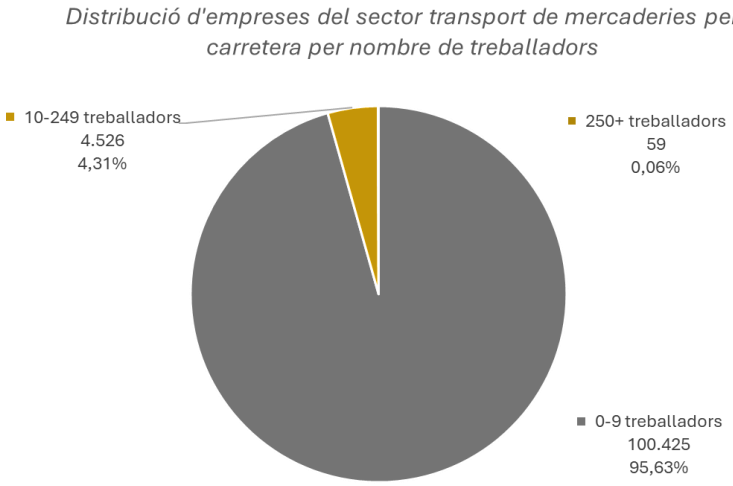


Figura 55 Distribució d'empreses del sector transport de mercaderies per carretera per nombre de treballadors

FONT: Elaboració pròpia a partir de dades de Estudio de evolución y tendencias del sector de transporte de mercancías por carretera, PWC - Fundación estatal para la formación en el empleo (Fundae), Abril 2025

En un sector amb marges molt ajustats i elevada volatilitat de demanda, això fa que qualsevol inversió en camions de zero emissions es vegi amb alt risc si no hi ha contractes a llarg termini o incentius clars[24].

En el mateix informe elaborat per FUNDAE, s'indica que existeix escassetat de conductors professionals i que l'envelliment dels professionals actuals és un fet (l'edat mitjana es troba al voltant de 51 anys). Amb tot això s'estima la necessitat d'uns 20.000 conductors addicionals en els pròxims anys, però donat que aquest sector és un dels sectors amb més mortalitat laboral, amb condicions laborals més dures i salaris relativament baixos fa que molts joves no vulguin entrar-hi. A més la transició a camions elèctrics o d'hidrogen implica noves competències tècniques (gestió de recàrrega, seguretat en alta tensió) i la formació específica encara és limitada, fent més complexa la introducció d'aquestes noves tecnologies a nivell operatiu.

[24] Estudio de evolución y tendencias del sector de transporte de mercancías por carretera, PWC - Fundación estatal para la formación en el empleo (Fundae), Abril 2025

5.8. Marc regulador i fiscal percebut com a complex i poc estable

El marc normatiu europeu que condiciona l'electrificació del transport pesat combina tres peces clau:

- **Estàndards CO_2 HDV revisats (Reg. UE 2024/1610):** estàndards d'emissions de CO_2 per a vehicles pesants nous que forcen l'oferta i el calendari de descarbonització,
- **AFIR (Reg. UE 2023/1804):** obligacions vinculants de desplegament de hubs de recàrrega a la TEN-T i
- **Directiva (UE) 2022/362 (Eurovinyeta):** habilita una tarificació viària segons emissions seguint el principi de "user/polluter pays".

En paral·lel, els països europeus que volen accelerar més l'adopció del vehicle elèctric utilitzen un "mix" entre palanca fiscal-operativa i ajuts a la inversió. Per exemple Alemanya ha estès l'exempció dels peatges per a camions de zero emissions fins al 30/06/2031[25], i Àustria distingeix peatges segons emissions de CO_2 en el seu sistema GO-Maut (pagues menys com menys CO_2 emets). A això s'hi afegeixen programes de suport a la compra/leasing (per exemple AanZET als Països Baixos) i línies públiques com les d'ADEME a França per finançar l'adquisició o el lloguer de vehicles pesants elèctrics.

Concretament a l'Estat Espanyol, el marc regulador i fiscal per a la descarbonització del transport pesat es percep com a complex i poc estable perquè combina:

- Una regulació d'infraestructura de recàrrega amb múltiples capes (administracions, permisos i connexió a xarxa) i aplicació desigual,
- Instruments d'ajut amb calendaris i criteris que no sempre ofereixen predictibilitat multianual per a la presa de decisions per a dur a terme inversions en flota i hubs, i
- l'absència d'un senyal fiscal-operatiu equivalent al dels països capdavanters (per exemple. peatges diferenciats segons nivell d'emissions de CO_2 del vehicle o exempcions estables per ZEV), malgrat que el marc europeu ja ho permet i, en part, ho impulsa.

En termes de política pública, el que pot potenciar més l'electrificació del camió pesat a Europa és convertir la descarbonització en un avantatge econòmic recurrent i el desplegament obligatori d'infraestructura. Per tant, a nivell local, això es tradueix en prioritzar un paquet coherent amb l'acceleració real de *hubs* compatibles amb AFIR, la simplificació i predictibilitat reguladora, i senyals fiscals-operatius que redueixin el risc d'inversió de flota i infraestructura

5.9. Competència d'alternatives "incrementals" (biofuels, megacamions, 44 t)

Les alternatives de camions pesants com els megacamions (>44t) o els combustibles sintètics renovables ofereixen reduccions immediates de tones CO_2/km sense necessitat d'esperar a la maduresa operativa dels ZEV ni al desplegament de *hubs* de recàrrega.

L'ampliació de la Massa Màxima Autoritzada (MMA) a 44t i la flexibilització dels conjunts euromodulars (fins a 72t i 32m) incrementen l'eficiència logística amb vehicles de motorització

[25] Extension of the toll exemption for zero-emission vehicles and new log-on option with TollNow, Toll Collect, Decembre 2025

convencionals, mentre que l'ús d'HVO i altres biofuels avançats permeten reduir emissions amb canvis mínims d'actius i processos.[2627]

En el curt termini (2025–2030) això pot ser una via de transició útil per a operadors amb marges estrets, però també crea un risc de bloqueig en la descarbonitxació si aquestes mesures es perceben com a suficients. Es podria retardar la renovació cap a camions BEV/FCEV i, sobretot, la decisió d'invertir en infraestructura (depot i en ruta).[28] Aquesta creença es reforça perquè, a nivell de la UE, l'ICCT indica que el compliment de reducció d'emissions del −15% de CO_2 al 2025 per a camions nous pot assolir-se en gran part amb millores d'eficiència i una electrificació inicial, reduint la pressió immediata del mercat per accelerar el canvi.[29]

Tanmateix, aquesta estratègia incremental té recorregut limitat. El marc europeu revisat fixa objectius molt més exigents (−45% el 2030, −65% el 2035, −90% el 2040), que a la pràctica requereixen un salt estructural cap a tecnologies zero emissions i la seva infraestructura associada. Els treballs recents sobre costos comparats indiquen que, a l'horitzó 2030, rutes basades en combustibles alternatius (inclòs HVO al 100%) poden quedar en desavantatge econòmic davant dels ZEV en molts casos d'ús.

[26] Comunicació oficial de l'ampliació i liberalització operativa, incloent euromodulars fins a 72 t i 32 m en xarxa autoritzada, DGT (23/07/2025)
[27] Increment de masses (fins a 44 t en configuracions definides) i disposicions transitòries sobre euromodulars, BOE – Orden PJC/780/2025 (23/07/2025)
[28] El TCO y las emisiones de CO2 en España: camiones diésel y alternativos en 2025, IRU + ASTIC, Decembre 2025
[29] Within reach – The 2025 CO_2 targets for new heavy-duty vehicles in Europe, Setembre 2025

6. NOVES OPORTUNITATS

La descarbonització del transport pesant, i en particular l'electrificació progressiva de la flota, no s'ha d'entendre únicament com una mesura de compliment regulador o de reducció d'impacte ambiental. Per als operadors, constitueix un canvi estructural que afecta el posicionament comercial, la gestió del risc i la capacitat de generar valor a partir de l'energia i de les dades operatives. En un context on la comunitat energètica pot facilitar l'accés a energia més competitiva i a infraestructura compartida, la transformació de la flota es converteix en una palanca per reforçar la competitivitat del node logístic i obrir noves línies d'activitat al voltant de l'operació, la recàrrega i la traçabilitat d'emissions.

A continuació es recullen les principals oportunitats, ordenades segons la seva lògica de desplegament i maduració.

1) Garantia d'operativitat i reducció de risc regulatori

La descarbonització de la flota permet assegurar la continuïtat del servei en entorns amb requisits ambientals creixents, reduint el risc d'afectació per restriccions d'accés, canvis normatius o limitacions operatives associades a zones de baixes emissions. Aquest efecte es tradueix en menys interrupcions, menys costos de replanificació i una major robustesa del servei ofert als clients.

2) Avantatge competitiu en contractació i fidelització de clients

En una fase inicial, la flota descarbonitzada esdevé un element de diferenciació comercial: facilita l'accés a licitacions i concursos amb criteris ESG, reforça la proposta de valor davant clients que requereixen reduccions d'emissions verificables i incrementa la capacitat de retenir comptes estratègics. La possibilitat d'oferir serveis amb menor intensitat d'emissions, i d'acreditar-ho de manera consistent, millora el posicionament competitiu sense dependre exclusivament del preu.

3) Estabilització del cost per km i millora del marge operatiu

A mesura que s'implanta la recàrrega en base i la gestió energètica, l'energia passa a ser una variable gestionable i previsible. Això redueix l'exposició a la volatilitat del combustible i contribueix a estabilitzar el cost total d'operació per quilòmetre, facilitant la negociació de contractes a termini, clàusules d'indexació i compromisos de servei amb menor prima de risc.

4) Optimització operativa i increment de productivitat

La integració de la recàrrega en la planificació de rutes, torns i finestres de càrrega/descàrrega impulsa una operació més planificada i controlada. Aquesta disciplina tendeix a reduir incidències, millorar el compliment de servei i augmentar la utilització dels actius (vehicles i conductors), amb impacte directe en costos, qualitat i escalabilitat del model operatiu.

5) Valorització d'actius energètics i serveis associats a la recàrrega

Quan la infraestructura està dimensionada i l'operació és estable, emergeix l'oportunitat de convertir la recàrrega en un actiu de negoci: prestació de serveis de recàrrega a tercers, acords amb subcontractistes, serveis per a flotes de pas o integració amb operadors del node logístic. Aquesta línia pot aportar ingressos complementaris i, alhora, reforçar la

capacitat d'atraure i retenir demanda en un context de capacitat de recàrrega encara limitada per al transport pesant.

6) **Comercialització de dades i traçabilitat: serveis "auditables" de baixes emissions**

Amb la maduresa del sistema, la descarbonització habilita una proposta de valor basada en evidència: report d'emissions per servei, indicadors d'eficiència (p. ex. per tona-km), traçabilitat i documentació verificable per a auditories i memòries corporatives. Aquest component incrementa la capacitat de capturar serveis de major valor afegit, reduir fricció en processos de compra corporativa i posicionar l'operador com a soci logístic estratègic.

7. COMUNITATS ENERGÈTIQUES I HUBS LOGÍSTICS: DUES PALANQUES COMPLEMENTÀRIES

En l'actual context regulatori de l'estat espanyol, on el marc operatiu més madur per a projectes compartits és l'autoconsum col·lectiu, les comunitats energètiques poden esdevenir una eina especialment útil per desbloquejar els principals colls d'ampolla energètics associats a l'electrificació del transport pesant: cost i volatilitat del kWh, limitacions de potència disponible i incertesa en terminis d'accés i connexió, i dependència d'una xarxa pública de recàrrega d'alta potència encara insuficient per a l'operativa del vehicle pesant.

7.1. Beneficis d'una comunitat energètica per a la descarbonització del transport pesant

Les comunitats energètiques podrien ajudar en els següents vectors:

1) **Reducció de cost i estabilització del preu de l'energia (impacte directe en TCO)**

   Una comunitat energètica basada en autoconsum col·lectiu permet que diversos consumidors comparteixin generació renovable (principalment FV) i, per tant, redueixin exposició a la volatilitat del mercat elèctric i a part dels costos variables de l'operació de recàrrega. La guia d'IDAE sobre autoconsum col·lectiu descriu les modalitats, criteris de repartiment i tramitació, i és una base útil per aterrar projectes en entorns industrials i logístics. Aquest benefici és especialment rellevant en transport pesant perquè tal com s'ha exposat en aquests informe l'energia (i com s'obté) condiciona fortament la viabilitat econòmica de l'electrificació en comparació amb alternatives convencionals[30].

2) **Millora de la "potència efectiva" disponible mitjançant flexibilitat i emmagatzematge**

   Encara que una comunitat energètica no elimina les limitacions físiques de xarxa, sí que pot reduir pics de demanda i, per tant, facilitar la implantació de recàrrega d'alta potència en nodes amb restriccions. La combinació de fotovoltaica + bateries (BESS) i gestió de càrrega (smart charging) permet:

   - aplanar pics,
   - reduir potència contractada necessària, i
   - minimitzar reforços immediats.

   A escala europea, el JRC[31] destaca el paper creixent de l'emmagatzematge (incloses bateries) com a facilitador d'integració renovable i estabilitat del sistema.

   En paral·lel, el marc espanyol d'accés i connexió a xarxa i la seva evolució normativa (inclosa la demanda) és un factor clau per al calendari i risc de l'electrificació del transport, i la CNMC ha anat desenvolupant i actualitzant aquest règim a través de circulars específiques enfocades a una millora d'aquesta gestió.

3) **Menys dependència de recàrrega pública (i millor fiabilitat operativa)**

   L'informe identifica la manca relativa d'infraestructura pública d'alta potència per a pesants com un límit operatiu rellevant, especialment si es vol escalar a flotes. En aquest punt, la comunitat energètica permet impulsar recàrrega en dipòsits i centres logístics amb un model compartit, essent clau aquest primer pas de la recàrrega en dipòsit com una peça crítica per a l'electrificació del camió, compartint barreres d'inversió amb socis/indústries properes i de

[30] Guía de autoconsumo colectivo v2.1, IDAE, Juliol 2024
[31] Overview of Energy Storage Deployment in Europe, Joint Research Center – JRC, Novembre 2025

disponibilitat de depòsit/espai per a molts operadors, fet que reforça el valor de solucions col·laboratives en *hubs* compartits.

4) Encaix normatiu i trajectòria regulatòria

L'autoconsum col·lectiu és una figura ja regulada a Espanya, cosa que permet articular comunitats energètiques sota un marc jurídic estable i operatiu. A més, existeix guiatge tècnic i administratiu que facilita la tramitació i l'execució de projectes. Aquest tipus d'iniciatives s'alineen amb el full de ruta energètic estatal (electrificació i desplegament renovable) i, previsiblement, l'entorn normatiu continuarà evolucionant per simplificar i accelerar el desplegament de l'autoconsum col·lectiu, reduint barreres administratives i de gestió.

7.2. Potencial dels hubs logístics com a "hubs energètics" per al territori

1) Avantatges estructurals del *hub* logístic (espai, demanda i capacitat de gestió)

Els centres logístics disposen habitualment de grans cobertes i/o sòl, consums elèctrics significatius (operació de naus, fred, automatització) i, progressivament, nova demanda associada a recàrrega de flotes. Aquesta combinació els fa candidats naturals a concentrar generació distribuïda (FV), emmagatzematge (BESS) i gestió de flexibilitat, tot alineat amb la necessitat —identificada a l'informe— de reduir costos i pics de potència per fer viable el desplegament de recàrrega d'alta potència.

2) Avantatges estructurals del hub logístic (espai, demanda i capacitat de gestió)

El Reglament europeu AFIR estableix requisits específics per al desplegament de recàrrega d'accés públic també per a vehicles pesants, incloent potència agregada mínima en nodes urbans amb fites 2025 i 2030. Això crea una pressió de desplegament que, a la pràctica, es pot materialitzar parcialment mitjançant nodes logístics ben situats (entorns urbans/metropolitans i corredors).

A més, anàlisis independents com l'ICCT han modelitzat necessitats de recàrrega per a camions elèctrics a la UE i les han comparat amb els objectius d'AFIR, aportant arguments quantitatius sobre la magnitud de l'esforç i el paper combinat de recàrrega pública i de dipòsit.[32]

3) Integració energètica i reducció d'impacte sobre la xarxa

La planificació de recàrrega de camions implica, sovint, increments de demanda concentrats que poden tensar la xarxa local si no es gestionen. L'Agència Internacional de l'energia, (IEA), incorpora explícitament l'anàlisi dels impactes de la recàrrega de vehicles mitjans i pesants sobre xarxa, fet que reforça la necessitat de combinar recàrrega amb gestió intel·ligent, generació local i emmagatzematge en nodes agregadors com els hubs logístics[33].

En termes operatius, això es tradueix en hubs capaços de:

- Desplaçar càrrega a hores favorables,
- Utilitzar BESS per a serveis interns (peak shaving) i
- Dimensionar creixements de flota per fases, reduint risc d'estrangulament per potència.

[32] Charging infrastructure needs for battery electric trucks in the European Union by 2030, ICTT, Octubre 2025
[33] Global EV Outlook 2024 Moving towards increased affordability, International Energy Agency, 2024

4) Valor territorial: infraestructura compartida, activitat econòmica i descarbonització distribuïda

Quan el hub logístic opera com a node d'una comunitat energètica, el benefici no és només per a l'empresa "ancla", sinó també per a operadors adherits i, potencialment, per al teixit econòmic del voltant ja que el model d'autoconsum col·lectiu ho permet.

Això posiciona el centre logístic com un actor clau de la transició energètica local: accelera renovables distribuïdes, facilita infraestructura de recàrrega i contribueix a la competitivitat industrial del territori en un marc de política pública orientat a electrificació i renovables (PNIEC).[34]

[34] Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC 2023-2030), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Septembre 2024

8. IMPULS A LA DESCARBONITZACIÓ

Per complementar les polítiques ja en marxa a escala regional, estatal i europea, es proposa un paquet de mesures d'impuls orientat a accelerar la descarbonització del transport pesant des de l'acció directa del mercat. L'enfocament parteix de la premissa que una part rellevant de les barreres actuals —especialment les vinculades a la viabilitat econòmica, a la disponibilitat d'infraestructura, a l'operació i a la incertesa tecnològica— poden reduir-se mitjançant iniciatives promogudes pel propi sector, mentre les polítiques públiques continuen avançant. En aquest sentit, les mesures es plantegen com a instruments activables per carregadors, operadors logístics, transportistes, gestors d'infraestructura, propietaris d'actius immobiliaris i proveïdors de serveis tecnològics i energètics, amb l'objectiu de generar tracció, crear capacitat operativa i consolidar condicions de mercat favorables a les solucions zero emissions.

Comunitats energètiques logístiques amb FV, emmagatzematge i smart charging

Impulsar comunitats energètiques en entorns logístics (polígons, plataformes, terminals i grans depots) per desplegar generació fotovoltaica, emmagatzematge amb bateries i gestió intel·ligent de la recàrrega permetent reduir el cost energètic i, sobretot, disminuir la dependència immediata de reforços de xarxa. El valor diferencial no és únicament la producció renovable, sinó l'operació: dimensionar per perfils reals de càrrega (torns, finestres de descans, retorn a base), controlar potències per evitar pics i optimitzar en temps real el mix entre autoconsum, bateria i compra a xarxa. Això habilita potències "equivalents" més altes sense penalitzacions severes per termes de potència, millora la predictibilitat del servei, reforça la resiliència davant saturacions de connexió i crea condicions perquè la flota elèctrica escali amb menor risc. Addicionalment, estructurar aquests esquemes com a servei energètic o amb governança compartida facilita que transportistes amb menor capacitat inversora accedeixin a energia i recàrrega competitives sense CAPEX elevat, accelerant l'adopció des d'un marc impulsat pel mercat.

Programa sectorial de formació mecànica, operació i conducció de ZEV

Establir un programa específic de capacitació per a conductors, caps de trànsit i personal de manteniment orientat a camions elèctrics és una mesura d'alt impacte perquè converteix tecnologia en rendiment operatiu i redueix la variabilitat real de consums i autonomia. La formació ha de cobrir conducció eficient (anticipació, gestió de velocitat, ús del fre regeneratiu, optimització segons càrrega i orografia), planificació de recàrrega (finestres operatives, precondicionament, estratègies per maximitzar disponibilitat), interpretació de dades (kWh/km, factors de desviació per temperatura, impacte de la massa i del trànsit) i protocols de seguretat per minimitzar incidències i temps d'aturada. En conjunt, aquesta capacitació millora l'autonomia efectiva i la disponibilitat dels actius de l'empresa, redueix consum energètic per tona/km i incrementa la confiança de les organitzacions en la nova operativa, amb efectes directes i mesurables sobre el CO_2 del servei.

MRV de CO_2 integrat amb Fleet Management i capa d'IA per optimització del servei.

Desenvolupar un esquema de mesura, report i verificació (MRV el seu acronim en anglès) de CO_2 "per servei" integrat nativament amb plataformes de Fleet Management i Transit Management que permetrà passar del reporting a la gestió activa de la descarbonització. La integració ha de combinar dades de vehicle (consum energètic, estat de càrrega, eficiència, incidències), de ruta (pendent, meteorologia, congestió i restriccions) i d'operació (càrrega útil, finestres de lliurament, temps d'espera i retorns) per generar indicadors auditables com gCO_2/tona-km, tCO_2 per ruta i client, i intensitat d'emissions per tipologia de servei. Sobre aquesta base, una capa d'IA pot incorporar models específics de camions elèctrics (corbes de consum segons massa, velocitat, temperatura i perfil d'elevació), simular rutes i escenaris de recàrrega i proposar assignació òptima vehicle–ruta–conductor per minimitzar emissions sense comprometre els SLA. Això facilita identificar quines rutes són electrificables amb un determinat

model, detectar desviacions de consum atribuïbles a conducció o operació, recomanar velocitats i parades, i prioritzar recàrrega en franges o emplaçaments amb menor intensitat de carboni, reduint CO_2 de forma replicable i demostrable davant clients i auditories.

"Zones logístiques ZEV-ready" com a palanca de mercat immobiliari i d'infraestructura

Consolidar el concepte de zones logístiques "ZEV-ready" com a estàndard comercial en actius immobiliaris logístics accelera la descarbonització perquè elimina friccions estructurals abans que arribin les decisions d'inversió en flota. La mesura consisteix a incorporar, com a pràctica de mercat, la preinstal·lació i el disseny preparat per a potències elevades: reserves d'espai per centres de transformació i quadres, canalitzacions i obra civil prevista, possibilitats d'ampliació modular, espais operatius per a recàrrega de pesants i criteris d'accessibilitat i seguretat. Quan aquest "ready-to-electrify" esdevé un atribut del producte immobiliari, es redueixen terminis i costos de desplegament, es millora la bancabilitat dels projectes d'infraestructura i es facilita l'entrada de CPO i ESCO amb propostes competitives. En paral·lel, el territori guanya atractivitat per captar activitat logística amb ambició climàtica, perquè ofereix ubicacions on l'escalat de flota elèctrica és viable operativament i no depèn de projectes ad hoc de connexió i obra.

Mesures de suport a la descarbonització a través de la reducció fiscal

A aquestes mesures sectorials s'hi pot afegir un vector fiscal, no basat en subvencions directes, que en diversos països europeus s'ha utilitzat per accelerar la renovació de flota i la inversió en infraestructura, i que pot ser defensat i promogut des del propi sector com a agenda d'implementació. Aquest vector inclou, d'una banda, reformes en fiscalitat d'ús que orientin els costos cap a criteris d'emissions —per exemple, peatges i taxes viàries modulades per CO_2 o per classe ambiental, amb bonificacions operatives per a camions zero emissions— i, de l'altra, incentius fiscals a la inversió que no són subvencions, com l'amortització accelerada o superdeduccions per a actius ZEV (vehicles, carregadors, centres de transformació, BESS) i energies renovables, i la reducció o exempció temporal d'impostos de propietat o circulació vinculats a l'actiu. Complementàriament, una fiscalitat energètica coherent (reduccions de càrregues i peatges elèctrics per a recàrrega professional en depots i hubs, o esquemes similars) pot millorar el TCO sense necessitat d'ajuts a fons perdut. L'objectiu és reequilibrar senyals de preu perquè les decisions d'inversió i d'operació tendeixin cap a solucions de zero emissions, amb un marc estable i previsible que redueixi risc financer i acceleri l'escalabilitat del mercat.

9. CONCLUSIONS

La descarbonització del transport pesant està deixant de ser un horitzó aspiracional per convertir-se en una transformació inevitable del model productiu i logístic. El canvi no és només tecnològic: és normatiu, econòmic, operatiu i energètic alhora. Les empreses del sector es troben davant un entorn on el CO_2 deixa de ser un indicador "ambiental" perifèric i passa a actuar com una variable central de gestió, amb impacte directe sobre la competitivitat, l'accés a mercat i el cost d'operar. Aquesta evolució explica per què la transició no es pot abordar com una simple substitució de vehicles, sinó com un redisseny del sistema: rutes, energia, infraestructura, dades, i mecanismes de finançament i contractació.

En primer lloc, el marc normatiu està consolidant una dinàmica de "responsabilitat i verificació". Les obligacions vinculades a la petjada de carboni i la seva traçabilitat acceleren la demanda de mesures objectives i comparables, i tendeixen a convertir les emissions en un atribut contractual. En paral·lel, les ZBE introdueixen una regulació territorial que afecta operatives reals: no és una senyal abstracta, sinó una limitació que canvia rutes, horaris, tipologies de servei i, en molts casos, condiciona la flota que pot operar en determinades zones. Finalment, amb l'ETS2 el CO_2 s'incorpora al preu de manera explícita, reforçant un procés d'internalització del cost climàtic en l'operació quotidiana. En conjunt, aquests instruments no actuen de forma aïllada, formen un tríptic que pressiona simultàniament per transparència (mesurar i reportar), per accés (complir requisits d'entrada a determinades àrees) i per economia (assumir un cost de carboni en el combustible). El resultat és que la descarbonització deixa de dependre de la voluntat i passa a dependre de la capacitat d'adaptació.

Aquesta pressió normativa, però, arriba en un moment en què el mercat tecnològic està en transició i encara mostra asimetries importants entre segments. S'observa una evolució en capes. A curt termini, els combustibles renovables i altres solucions "incrementals" poden reduir emissions sense transformar l'ecosistema d'infraestructura, i poden ser especialment útils per disminuir emissions en flotes existents o en operacions on la renovació immediata és inviable. Tanmateix, el seu potencial està condicionat per factors estructurals com la disponibilitat de matèries primeres i competència amb altres usos, i la realitat és que no resolen l'objectiu de zero emissions en ús. Per això, si bé poden tenir un paper de transició, no poden substituir una trajectòria de canvi estructural.

En canvi, les tecnologies de zero emissions (especialment l'electrificació) concentren el potencial de reducció profunda, però exigeixen condicions habilitadores que avui encara no són homogènies. Aquesta diferència és fonamental: el debat no és "quina tecnologia és millor en abstracte", sinó "en quines operacions és viable i quan". La conclusió és que el mercat no avançarà linealment, sinó per segments: primer allà on l'operativa és compatible (rutes previsibles, retorn a base, finestres de recàrrega), i després, progressivament, cap a casos d'ús més exigents a mesura que millorin autonomia, potències de recàrrega, cobertura de corredors i maduresa industrial.

Un aspecte que emergeix com a determinant és l'eficiència energètica i el vector energètic. La transició no consisteix només en canviar motors; consisteix en reorganitzar la manera com el transport consumeix energia. En aquest punt, l'electrificació aporta un avantatge estructural: quan el sistema és viable operativament, tendeix a requerir menys energia final per quilòmetre que altres alternatives. Això és rellevant per dos motius. Primer, perquè en un context de pressió sobre costos energètics i volatilitat, l'eficiència és una forma de resiliència. Segon, perquè l'eficiència redueix la necessitat d'energia primària i, per tant, fa més factible una transició massiva amb renovables. Tanmateix, el benefici climàtic real depèn de l'origen de l'electricitat (i, si s'escau, de l'hidrogen), de manera que la descarbonització del transport és inseparable de la descarbonització del sistema energètic i de la capacitat de contractar energia renovable de

manera robusta. Aquesta interdependència canvia el centre de gravetat de la decisió: el transportista, cada vegada més, necessita estratègia energètica.

Ara bé, si el potencial tecnològic és clar, les barreres també ho són. El fre principal no és una sola limitació, sinó la suma de CAPEX elevat, incertesa sobre el TCO i riscos de desplegament. L'adquisició del vehicle zero emissions, sovint combinada amb la inversió en infraestructura de recàrrega, exigeix desemborsaments inicials superiors als del model convencional. A més, el TCO depèn d'hipòtesis que no sempre són controlables: preu i estructura tarifària de l'electricitat, disponibilitat de potència, fiabilitat de la infraestructura, pautes d'ús, manteniment i valor residual. Aquesta incertesa es tradueix en un problema de finançament: quan els números depenen de variables volàtils o de terminis administratius incerts, el projecte es percep com a risc, i el risc encareix el capital o impedeix la decisió. Per això, accelerar la transició requereix tant reduir costos com reduir incertesa.

En aquest marc, la infraestructura és el gran habilitador i, alhora, el gran coll d'ampolla. La recàrrega pública d'alta potència encara és insuficient per donar suport a una adopció massiva en rutes de mitja i llarga distància, i la seva fiabilitat i cobertura condicionen l'explotació dels actius. Per a moltes empreses, això obliga a optar per estratègies de recàrrega pròpia o en hubs, fet que trasllada el repte cap al "time-to-power" és a dir, la necessitat de disponibilitat real de potència elèctrica, i els terminis i costos associats a connexions i reforços de xarxa. Aquest element és crític perquè pot bloquejar projectes viables. Es pot tenir voluntat, tecnologia i demanda, però si la potència no arriba a temps, el projecte no escala. En altres paraules, la transició depèn de la coordinació entre logística, energia i administració.

La dimensió operativa completa el triangle de dificultats. En el transport pesant, qualsevol canvi que afecti autonomia real, temps de recàrrega, planificació de rutes o càrrega útil altera directament la productivitat, i la productivitat és el cor del negoci. Això explica per què moltes decisions no es prenen només amb un full de càlcul, sinó amb una avaluació de servei: es poden mantenir els acords de nivell de servei? es pot complir la programació? quin impacte té sobre la rotació d'actius i conductors? Aquí apareix una conclusió central, l'adopció de ZEV no és un procés de compra, sinó un procés de reenginyeria. La recàrrega passa a formar part del disseny operatiu, com ho eren abans el proveïment de combustible i les parades, però amb implicacions diferents. Això requereix capacitats noves: planificació energètica, gestió de potència, digitalització de rutes i, sovint, canvis en l'organització i en la relació amb clients.

Aquest conjunt de factors impacta especialment en un sector caracteritzat per atomització, flotes envellides i marges estrets. La transició pot generar una bretxa entre actors amb escala i capacitat d'inversió (que poden pilotar, aprendre i capturar avantatges primerencs) i una majoria d'empreses que operen amb menys capacitat financera i administrativa. Aquest risc no és menor: una transició desigual pot dificultar l'objectiu climàtic i, alhora, generar tensions competitives i socials. Per això, el desplegament de solucions que redueixin CAPEX inicial, proveeixin infraestructura o energia, i facilitin accés a finançament i a projectes compartits és una condició pràctica per democratitzar l'adopció.

En aquest punt és on emergeixen les oportunitats més transformadores, les que combinen energia i logística en models col·laboratius. Les comunitats energètiques i els hubs logístics com a hubs energètics aporten una lògica de sistema que pot resoldre, de forma conjunta, cost, potència i escalabilitat. Concentrant demanda en nodes logístics, es pot justificar infraestructura d'alta potència; integrant generació renovable (com la fotovoltaica) i, quan calgui, emmagatzematge i gestió intel·ligent de la recàrrega, es poden reduir costos i dependències; i compartint actius, es pot repartir CAPEX i risc. A més, aquesta aproximació habilita models de negoci més madurs: energia com a servei, tarifes previsibles, i infraestructures utilitzades per múltiples operadors, que és exactament el que cal quan el sector és atomitzat. En termes de política industrial i territorial, convertir hubs en infraestructures "ZEV-ready" pot accelerar la transició més que un desplegament dispers, perquè focalitza inversió, redueix incertesa i crea efectes tractor sobre el teixit econòmic local.

Al mateix temps, cal mantenir una lectura estratègica sobre el paper de les solucions incrementals. L'augment de capacitats de càrrega o altres mesures d'eficiència poden reduir emissions per tona-quilòmetre i aportar beneficis immediats, però comporten el risc de retardar decisions estructurals si es perceben com a substitut del canvi tecnològic. La clau és evitar la captivitat tecnològica: utilitzar aquestes mesures com a transició i optimització, però mantenint una trajectòria clara cap a zero emissions, amb fites, criteris de decisió i planificació d'infraestructura. Sense aquesta trajectòria, el sector pot guanyar temps en el curt termini però perdre el ritme necessari per assolir objectius de descarbonització profunda.

En síntesi, l'informe apunta a una conclusió de fons, la descarbonització del transport pesant s'assolirà quan es dissenyi com un sistema integrat i escalable, no com una suma d'iniciatives aïllades. La regulació està accelerant la transició i està definint els incentius; la tecnologia ofereix solucions, però no en tots els segments al mateix ritme; i les barreres principals (cost, infraestructura, xarxa i operativa) requereixen reducció de risc i capacitat d'execució. El camí més robust combina accions immediates (mesura, dades, pilots, rutes electrificables, optimització operativa) amb habilitadors estructurals (potència, recàrrega d'alta potència, energia renovable contractualitzada i models col·laboratius en hubs). En aquest escenari, les comunitats energètiques i els hubs energètics no són complements marginals, poden ser el mecanisme pràctic que permeti industrialitzar l'electrificació, ampliar l'accés a energia competitiva i convertir la transició en una oportunitat de competitivitat i de lideratge territorial..

10. REFERÈNCIES

- Reglamento (CE) nº 561/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, relativo a la armonización de determinadas disposiciones en materia social en el sector de los transportes por carretera y por el que se modifican los Reglamentos (CEE) nº 3821/85 y (CE) nº 2135/98 del Consejo y se deroga el Reglamento (CEE) nº 3820/85 del Consejo.
- Real Decreto 902/2007, de 6 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo, en lo relativo al tiempo de trabajo de trabajadores que realizan actividades móviles de transporte por carretera
- Real Decreto 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo
- Real Decreto 214/2025, de 18 de marzo, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono y por el que se establece la obligación del cálculo de la huella de carbono y de la elaboración y publicación de planes de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Ley 9/2025, de 3 de diciembre, de Movilidad Sostenible
- Mapa Zonas de Bajas Emisiones, MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y RETO DEMOGRÁFICO
- Campaña Ley de Movilidad Sostenible
- Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.
- Real Decreto 1052/2022, de 27 de diciembre, por el que se regulan las zonas de bajas emisiones.
- REGLAMENTO (UE) 2019/1242 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 20 de junio de 2019 por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de CO 2 para vehículos pesados nuevos y se modifican los Reglamentos (CE) n. o 595/2009 y (UE)
- Permisos de carbono de la UE, TRADING ECONOMICS
- Explorador de datos del inventario de tecnologías de cero emisiones (ZETI), CALSTART
- The European hydrogen market landscape. Nov 2025
- Mapping Europe's zero-emission transformation de ACEA (European Automobile Manufactures Association), Novembre 25
- A comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of european Heavy Duty vehicles and Fuels. ICCT (International Council on Clean Transportation) Febrer 2023.
- Informe Anual Vehículo Electrificado 2024, ANFAC
- Why adding fuel crèdits to vehicle standards is a bad idea, Transport & Environment Novembre 2020
- A total cost of ownership comparison of truck decarbonization pathways in Europe. ICCT. 2023
- The European hydrogen market landscape, European Hydrogen Observatory November 2025
- Wood Mackenzie, SNE Research Goldman Sachs Research
- Race to zero: European heavy-duty vehicle market development quarterly (January–September 2025), The International Council of Clean Transportation (ICCT), Desembre 2025
- Battery-electric truck on the rise, Strategy&, Setembre 2024
- Heavy-Duty Electric Truck Charging Infrastructure in Europe, European Alternative Fuels Observatory, Novembre 2025
- AELEC, setembre 2025 https://aelec.es/mapas-de-capacidad-saturacion-de-la-red/
- Hasta tres años para poner un punto de recarga en España: ¿de quién es la culpa?, Artículo Climática, Abril 2025
- La CNMC aprueba las especificaciones para calcular la capacidad de acceso firme en redes de distribución eléctrica, Nota de prensa CNMC Juny 2025
- España recibe fondos europeos por 72 millones para puntos de recarga y estaciones de carga de hidrógeno, El Periódico de la Energía, Febrer 2025
- La Energía Eléctrica en el Transporte de Mercancías, AECOC, Maig 2022
- Estudio de evolución y tendencias del sector de transporte de mercancías por carretera, PWC - Fundación estatal para la formación en el empleo (Fundae), Abril 2025

- Extension of the toll exemption for zero-emission vehicles and new log-on option with TollNow, Toll Collect, Decembre 2025
- BOE – Orden PJC/780/2025, de 21 de julio, por la que se modifican los anexos II, IX, X y XVIII del Reglamento General de Vehículos, aprobado por el Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre. Comunicació oficial, DGT (23/07/2025)
- El TCO y las emisiones de CO2 en España: camiones diésel y alternativos en 2025, IRU + ASTIC, Desembre 2025
- Within reach – The 2025 CO_2 targets for new heavy-duty vehicles in Europe, Setembre 2025
- Guía de autoconsumo colectivo v2.1, IDAE, Juliol 2024
- Overview of Energy Storage Deployment in Europe, Joint Research Center – JRC, Novembre 2025
- Charging infrastructure needs for battery electric trucks in the European Union by 2030, ICTT, Octubre 2025
- Global EV Outlook 2024 Moving towards increased affordability, International Energy Agency, 2024
- Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC 2023-2030), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Septembre 2024

11. ACRÒNIMS

ACEA — European Automobile Manufacturers' Association.

AEDIVE — Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso de la Movilidad Eléctrica.

AFIR — Alternative Fuels Infrastructure Regulation.

ANFAC — Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones.

BEV — Battery Electric Vehicle.

BESS — Battery Energy Storage System.

CAEs — Certificats d'Estalvi Energètic.

CRM — Customer Relationship Management.

CSRD — Corporate Sustainability Reporting Directive.

ESG — Environmental, Social and Governance.

ETS2 — Emissions Trading System 2.

EU ETS / EU-ETS — European Union Emissions Trading System.

EUA2 — Dret d'emissió associat al règim ETS2.

FCEV — Fuel Cell Electric Vehicle.

GdO — Garanties d'Origen.

GEH — Gasos d'efecte hivernacle.

GHG Protocol — Greenhouse Gas Protocol.

GN — Gas natural.

HDV — Heavy-Duty Vehicle.

H2ICE — Hydrogen Internal Combustion Engine.

HRS — Hydrogen Refuelling Station.

HVO — Hydrotreated Vegetable Oil.

IA — Intel·ligència artificial.

ICCT — International Council on Clean Transportation.

LEV — Low Emissions Vehicle.

MCS — Megawatt Charging System.

MRV — Measurement, Reporting and Verification.

NOx — Òxids de nitrogen.

PHEV — Plug-in Hybrid Electric Vehicle.

PM — Particulate Matter (Partícules en suspensió).

SBTi — Science Based Targets initiative.

SLA — Service Level Agreement.

SMR — Steam Methane Reforming.

TCO — Total Cost of Ownership.

TMS — Transit Management System

ZEV — Zero Emissions Vehicle.


BARCELONA
CENTRE
LOGÍSTIC
CATALUNYA