

---

# Avaluació dels ajuts a la compra de vehicles de baixes emissions

---

Informe 3. Aproximació a l'avaluació de l'impacte de la política





**Elaboració i redacció**

Observatori d'anàlisi i avaluació de polítiques públiques  
Universitat de Barcelona

**Equip tècnic**

Daniel Albalade del Sol  
Jordi Rosell i Segura

**Coordinació**

Gabinet tècnic del Departament de Territori i Sostenibilitat  
Direcció General de Qualitat Ambiental i Canvi Climàtic

**Disseny i maquetació**

Observatori d'anàlisi i avaluació de polítiques públiques  
Gabinet tècnic del Departament de Territori i Sostenibilitat

Aquesta avaluació ha estat co-finançada amb el Fons de Promoció per a l'Avaluació de Polítiques Públiques (PROAVA) del Departament de la Vicepresidència i d'Economia i Hisenda

Barcelona, desembre de 2020



## Índex de continguts

1.	Introducció .....	8
2.	Una estimació preliminar de l'impacte i eficiència de la política .....	9
2.1	Factors d'emissió i costos externs de la política.....	9
2.1.1	Factors d'emissió dels NO <sub>x</sub> i PM <sub>10</sub> .....	9
2.1.2	Factors d'emissió de CO <sub>2</sub> .....	11
2.1.3	Reducció d'emissions de NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub> i CO <sub>2</sub> .....	12
2.1.4	Monetització dels costos externs de la contaminació atmosfèrica .....	13
2.2	Una avaluació sobre l'eficiència del programa: Anàlisi cost-benefici.....	15
2.2.1	Costos d'administració del programa .....	15
2.2.2	Costos pressupostaris del programa .....	16
2.2.3	Costos de la contaminació.....	16
2.2.4	Anàlisi cost-benefici.....	20
2.2.5	Anàlisi de sensibilitat .....	22
3.	Proposta metodològica per a l'avaluació causal de la política.....	26
3.1	L'avaluació causal i els mètodes empírics a disposició dels avaluadors. ....	26
3.2	Estratègies quasi-experimentals: discussió metodològica.....	29
3.2.2	Variables instrumentals .....	33
3.2.3	Diferències en Diferències .....	35
3.2.4	Mètode del control sintètic.....	38
3.2.5	Mètode de regressió en discontinuïtat.....	40
3.3	Una proposta de disseny metodològic per a l'avaluació causal .....	41
3.3.1	La pregunta d'avaluació i altres preguntes rellevants .....	41
3.3.2	L'elecció del mètode d'avaluació .....	42
3.3.2	Les unitats a considerar per conformar els grups de tractats i controls .....	42

3.3.3 La implementació del mètode i les seves variants.....	43
3.3.4 Comprovacions i testos de robustesa.....	44
3.4 Dades.....	45
3.5 Calendari proposat per a l'avaluació.....	48
4. Referències.....	50

## Índex de taules

Taula 1. Factors d'emissió de la Guia de càlcul de la Generalitat de Catalunya (2013) .....	10
Taula 2. Factors d'emissió de la EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2019).....	11
Taula 3. Factors d'emissió de la guia pràctica per al càlcul d'emissions GEH de la Generalitat .....	12
Taula 4. Reducció d'emissions dels diferents contaminants amb supòsits favorables a la política.....	13
Taula 5. Costos marginals de la contaminació atmosfèrica (c€ per km).....	14
Taula 6. Costos marginals dels gasos d'efecte hivernacle (c€ per km).....	15
Taula 7. Estimació dels costos de gestió dels ajuts .....	16
Taula 8. Externalitats dels contaminants i diòxid de carboni d'un taxi de l'AMB .....	17
Taula 9. Total externalitats per contaminants i diòxid de carboni d'un taxi de l'AMB.....	18
Taula 10. Externalitats totals per contaminants i diòxid de carboni d'un taxi de l'AMB .....	19
Taula 11. Beneficis i costos de la política en valor 2018 (mostra) .....	21
Taula 12. Beneficis i costos de la política en valor 2018 en diferents escenaris (mostra).....	24
Taula 13. Cronograma.....	49

## Índex de figures

Figura 1. Estratègia d'identificació causal de l'estimador en diferències ..... 36

Figura 2. Estratègia d'identificació causal de l'estimador en control sintètic..... 39



## 1. Introducció

Aquest informe és el tercer d'una sèrie de tres informes que hem elaborat per encàrrec del Departament de Territori i Sostenibilitat amb l'objectiu d'oferir assistència tècnica per a l'avaluació dels ajuts a la compra de vehicles de baixes emissions del pla de millora de la qualitat de l'aire de la Generalitat de Catalunya. Aquesta política es troba descrita àmpliament en el primer informe, que en fa una diagnosi a partir de la documentació i de les dades que s'associen a la política i al seu funcionament. El segon dels informes avalua el disseny de la política i aquest darrer es dedica a oferir uns primers resultats no causals de l'impacte de la política a partir de la informació recollida i a proposar una metodologia per a l'avaluació causal futura de la política, en cas que es consideri necessària.

En aquest document ens proposem explotar la informació que hem recollit i que hem rebut de diferents fonts, per tal de fer una primera exploració sobre els possibles impactes que aquesta política hauria promogut. La segona secció es dedica a aquesta avaluació preliminar i aporta tota la informació necessària per entendre l'estratègia empírica aplicada tant per a la determinació dels impactes de la política com per a l'avaluació cost-benefici preliminar que ens permeten fer les dades actuals. Noteu, però, que aquesta no és una avaluació causal, i que per fer-la, el document dedica la tercera secció a oferir una discussió metodològica i proposar estratègies empíriques que poden facilitar l'avaluació empírica causal en cas de considerar-se per part de les autoritats públiques responsables de la política.

En segon lloc, una vegada examinada una primera avaluació temptativa dels impactes, efectes i eficiència del programa, dedicarem la tercera secció a la proposta metodològica per a facilitar una avaluació causal rigorosa sobre els impactes de la política. Aportarem algunes reflexions metodològiques, examinarem les diferents alternatives i proposarem una estratègia i un disseny que podria fer factible aquesta estimació.

## 2. Una estimació preliminar de l'impacte i eficiència de la política

### 2.1 Factors d'emissió i costos externs de la política

Els costos externs, també coneguts com a externalitats, sorgeixen quan es fan activitats econòmiques que tenen un impacte sobre tercers (un altre grup de persones, empreses, o qualsevol grup o unitat o actor econòmic), essent aquest impacte no comptabilitzat ni compensat pel grup productor o consumidor que el genera. En el cas del transport o de la mobilitat, els costos externs no són generalment carregats sobre qui els genera i els qui els reben no acostumen a ser compensats. De costos externs en l'àmbit del transport i la mobilitat en podem trobar relacionats amb la contaminació, la congestió, el soroll, els accidents, l'efecte barrera, entre altres. Els costos externs són la diferència entre els costos socials i els costos privats que es deriven de les decisions privades de mobilitat (número de viatges, mode per viatjar, moment en el que es viatge, etc.)..

Per a algunes externalitats, com la contaminació de l'aire o canvi climàtic, les xifres del cost mitjà i marginal són iguals a la mida de l'externalitat i no depenen de la densitat del flux de trànsit. Així, un vehicle que entra en un flux de trànsit dens emet la mateixa quantitat d'emissions de contaminant atmosfèric que un vehicle que entra en un flux de trànsit lliure d'altres vehicles. Tanmateix, per a altres externalitats, com accidents, soroll i congestió, els costos depenen de la densitat del flux del trànsit. Per a la nostra anàlisi no tindrem en compte aquests costos externs, ja que adquirir un vehicle per un altre no implica variacions en la congestió i els accidents, mentre que pel cas del soroll, no farem l'anàlisi al tractar-se de les cinc externalitats, la de menor importància (van Essen et al., 2019). D'altra banda, la guia de la Comissió Europea (van Essen et al., 2019) no avalua reduccions parcials del soroll.

Per als costos de contaminació atmosfèrica (tant diferents contaminants com els gasos d'efecte hivernacle), els costos marginals són pràcticament els mateixos que els costos mitjans. Això es deu principalment a que les relacions dosi-resposta entre les emissions de contaminants atmosfèrics i els efectes sobre la salut (o altres danys) són gairebé lineals segons estudis epidemiològics.

#### 2.1.1 Factors d'emissió dels NO<sub>x</sub> i PM<sub>10</sub>

El nostre objectiu és aconseguir la quantificació aproximada i preliminar de les emissions de NO<sub>x</sub> i PM<sub>10</sub> estalviades gràcies a la política, ja que no és l'objecte d'aquest informe avaluar l'impacte causal de la política. La nostra primera aproximació serà fer-ho el més semblant

possible, metodològicament, a com ho faria el Departament de Territori i Sostenibilitat. Per tant, analitzarem la metodologia que es fa servir per quantificar-les i, en cas que aquest no ens convenci conceptualment, proposarem variants per a la seva estimació que considerem més robustes, així com també introduïrem diferents escenaris per a oferir una anàlisi de sensibilitat.

La Generalitat fa servir la guia de càlcul *Guia de càlcul d'emissions de contaminants per estimar les emissions de contaminants a l'atmosfera de diferents fonts d'emissió antropogèniques i fonts d'emissió naturals accelerades per l'activitat humana* (Direcció de Qualitat Ambiental, 2013). Està dissenyada per a facilitar el càlcul a les organitzacions i a la població en general. Tots els factors d'aquesta Guia són d'elaboració pròpia a partir dels factors descrits a l'*EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013* de l'Agència Europea de Medi Ambient.

Els òxids de nitrogen només són generats un cop s'ha donat la combustió, mentre que les partícules poden tenir orígens diversos: combustió (tub d'escapament), desgast de les rodes, resuspensió, etc. Com que s'està analitzant una política que promou la substitució de vehicles i, en cap cas la reducció del nombre de vehicles o de viatges, es considerarà que en les PM<sub>10</sub> només es reduiran aquelles que tinguin a veure amb el tub d'escapament. Així, s'hauran de fer servir factors d'emissió lligats a la combustió del tipus de combustible. A la Taula 1 mostrem els factors d'emissió a partir de la Guia de càlcul d'emissions de contaminants atmosfèrics 2013. S'han escollit els factors per a trànsit urbà i per a les categories Euro 6. Pel que fa a les PM<sub>10</sub>, aquestes no es troben disponibles només per a combustió, i hi ha la suma del total de partícules en suspensió emeses (PM). Decidim mantenir la suma del total, que inclou la resuspensió i generació per fregament.

**Taula 1. Factors d'emissió de la Guia de càlcul de la Generalitat de Catalunya (2013)**

	Emissions g NO <sub>x</sub> /km	Emissions g PM/km (trànsit urbà)
Turisme dièsel	0,306	0,0018
Turisme GNC	0,049	0,0011
Turisme híbrid benzina	0,012	0,0000
Turisme GLP	0,049	0,0011

Font: Direcció de Qualitat Ambiental (2013)

La diferència entre els diferents tipus de combustibles es deu sobretot als òxids de nitrogen. Passar d'un vehicle dièsel d'una mida mitjana de generació Euro 6 a un combustible alternatiu, com el GNC, GLP o híbrid no endollable de benzina, implica una reducció d'entre el 84 i el 96% en els òxids de nitrogen. Pel que fa a les partícules en suspensió, aquesta

reducció no és tan elevada. Pel que fa al GNC i GLP, la reducció és del 39% o, i en el cas dels híbrids no endollables de benzina, aquesta reducció arriba pràcticament al 100%, al considerar-se una emissió igual a zero.

D'altra banda, es poden consultar aquests factors d'emissió per a la versió actualitzada per al 2019 de *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook*. A la Taula 2 mostrem aquests factors. Si fem una comparativa entre la Taula 1 i la Taula 2, veurem que el NO<sub>x</sub> tenen valors relativament semblants, excepte en el cas dels dièsel, on les emissions de la guia de la Generalitat són un 44% menors pels Euro 6. Pel que fa a les emissions de PM<sub>10</sub> veiem com aquests tenen valors lleugerament superiors.

**Taula 2. Factors d'emissió de la EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2019)**

	Tecnologia (mida del vehicle)	Emissions g NO <sub>x</sub> /km	Emissions g PM <sub>10</sub> /km
Turisme dièsel	Euro 5 (mig)	0,55	0,0021
	Euro 6 (mig)	0,45	0,0015
	Euro 6 2020 (mig)	0,17	0,0015
Turisme GNC	Euro 4 o superior	0,056	0,0011
Turisme híbrid benzina	Euro 4 o superior (mig)	0,013	0,0022
Turisme GLP	Euro 5 y Euro 6	0,056	0,0011

Font: Agència Europea del Medi Ambient (2019)

Pel que fa al vehicle elèctric pur, el vehicle no apareix com a generador de NO<sub>x</sub> i PM<sub>10</sub>. En aquest cas, ens quedem amb aquest supòsit, tot considerant que la generació de l'electricitat no implica augments d'aquests contaminants en la nostra anàlisi i, si ho fa fora d'elles, les afectacions a la població són pràcticament nul·les degut a una baixa densitat poblacional.

Un altre dels tipus de vehicles susceptibles de rebre l'ajut són els híbrids endollables. Tant per aquesta Taula 1 Taula 2 com per les successives, aquests no seran analitzats per manca de dades. D'altra banda, aquests representen una proporció molt petita (0,32% del total). Tot i això, per a una millor interpretació del seu resultat, el lector els pot tractar com un vehicle on les seves externalitats es troben entre les del vehicle elèctric i l'híbrid no endollable de benzina.

### 2.1.2 Factors d'emissió de CO<sub>2</sub>

Una vegada s'han comparat els factors d'emissió dels dos contaminants prioritaris d'aquesta política d'ajuts a la compra de vehicles, també s'inclouen els gasos d'efecte hivernacle lligats a la combustió d'aquests. La mida del vehicle escollit és la mitjana. A la Taula 3 es mostren

els diferents factors d'emissió en CO<sub>2</sub> equivalents per a cada tipus de combustible segons la guia pràctica per al càlcul d'emissions de Gasos d'Efecte Hivernable (GEH) de la Generalitat de Catalunya per l'any 2019<sup>1</sup>. Aquests factors d'emissió es fan per a entorn urbà, per a una velocitat 21 km/h, així com també per a desplaçaments interurbans (69 km/h). Segons el tipus de desplaçament, poden haver-hi moltes possibles combinacions entre aquests. S'ha escollit una proporció del 80% del temps en entorn urbà i del 20% en interurbà, com a aproximació a la realitat dels moviments dins de la zona geogràfica del pla de millora de la qualitat de l'aire.

**Taula 3. Factors d'emissió de la guia pràctica per al càlcul d'emissions GEH de la Generalitat**

	Emissions g CO <sub>2</sub> eq/km urbà (21 km/h)	Emissions g CO <sub>2</sub> eq/km interurbà (69 km/h)	Emissions g CO <sub>2</sub> eq/km (80% urbà/ 20% interurbà)
Turisme dièsel	203,29	129,55	188,54
Turisme GNC	196,36	130,49	183,19
Turisme híbrid benzina	94,45	90,91	93,74
Turisme GLP	173,35	132,22	165,12
Vehicle elèctric	0	0	0 (36,15)

Font: Oficina Catalana del Canvi Climàtic (2019)

La Guia pràctica per al càlcul de les emissions de la Generalitat de Catalunya no comptabilitza les emissions de diòxid de carboni del vehicle elèctric. Per tal d'obtenir les emissions derivades d'aquest tipus de vehicle, a partir del factor d'emissió del sistema elèctric espanyol (241 g CO<sub>2</sub>/kWh) i l'energia necessària per un vehicle elèctric per moure's un quilòmetre (0,15 kWh), es pot obtenir un factor d'emissió de 36,15 g CO<sub>2</sub> / km recorregut.

### 2.1.3 Reducció d'emissions de NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> i CO<sub>2</sub>

Podem obtenir quina ha estat la reducció d'emissions a la nostra mostra gràcies als factors d'emissió, i podem fer també una predicció per a la totalitat dels ajuts. Això ens permetrà estimar els beneficis socials totals del programa i comparar-los despès amb els seus costos.

---

<sup>1</sup> Font de dades: Elaboració per part de la Generalitat a partir de la metodologia EMEP EEA (versió 2016 actualitzada el juliol 2018), capítol 1.A.3.b. Velocitats de circulació del SIMCAT 2012 (Sistema d'Informació i modelització per a l'avaluació de polítiques territorials a Catalunya), Departament de Territori i Sostenibilitat.

A continuació detallarem els supòsits inicials amb els que treballarem per fer aquestes estimacions i que són extremament favorables a la política.

- 1) Fem servir un escenari en el que suposem que el 100% del recorregut és urbà.
- 2) Suposem que el vehicle a substituir és un dièsel Euro 6.
- 3) Suposem que la política ha estat capaç de causar totes les adquisicions de vehicles per als quals es sol·licita l'ajut.
- 4) Apliquem els mateixos factors d'emissió del vehicle elèctric per a l'híbrid endollable i l'assimilable a elèctric,

D'acord amb aquests supòsits, els resultats de les reduccions de cada contaminant i convocatòria es detallen a la Taula 4.

**Taula 4. Reducció d'emissions dels diferents contaminants amb supòsits favorables a la política**

	NO <sub>x</sub> (tones)	PM <sub>10</sub> (kg)	CO <sub>2</sub> (tones)	Proporció sol·licitants
Convocatòria 2015	16,78	13,98	2.915,83	13,39%
Convocatòria 2016	62,24	32,95	9090,93	50,13%
Convocatòria 2018	45,49	17,13	6.202,32	36,48%
Total convocatòries	124,51	64,06	18.209,08	

Font: Elaboració pròpia

Les majors reduccions d'emissions les trobem en les convocatòries 2016 i 2018. El major salt el trobem entre la convocatòria 2015 i 2016. Això es deu al major nombre de sol·licituds que van registrar-se al 2016, quan va doblar-se el pressupost disponible del programa. Així, una de cada dos sol·licituds es van demanar a la convocatòria del 2016 (50,13%). Les reduccions lligades a les partícules en suspensió presenten valors molt baixos, fruit d'un factor d'emissió molt baix tant a la guia de la Direcció de Qualitat Ambiental (2013) com a van Essen et al. (2019).

#### 2.1.4 Monetització dels costos externs de la contaminació atmosfèrica

El següent objectiu consisteix en transformar les emissions de contaminants atmosfèrics, i les seves reduccions, en unitats monetàries. Tot seguit mostrem els factors que permeten convertir en unitats monetàries les emissions dels NO<sub>x</sub> i PM<sub>10</sub>, així com també del CO<sub>2</sub>. Comencem pels dos contaminants d'especial atenció d'aquesta política: NO<sub>x</sub> i PM<sub>10</sub>. Per tal de monetitzar aquests valors, farem servir els valors del *Handbook on the external costs of transport*

(van Essen et al., 2019). Pel cas d'Espanya, en el cas del trànsit en ciutat, el valor del NO<sub>x</sub> és de 8,5 €/kg emissió NO<sub>x</sub>. Pel que fa a les PM<sub>10</sub> aquest és de 10,2 €/kg emissió PM<sub>10</sub>.<sup>2</sup>

Un cop obtingut aquest valor, seria interessant disposar del factor de conversió d'emissions d'aquests dos contaminants per quilòmetre recorregut, fet que permetria una ràpida conversió a partir de la distància recorreguda per un vehicle. Aquest factor d'emissió no es troba disponible al *Handbook on the external costs of transport* (van Essen et al., 2019). Tot i això, sí que es pot obtenir el factor de conversió per a la totalitat de contaminants atmosfèrics en unitats monetàries per quilòmetre, a excepció dels gasos d'efecte hivernacle. En aquest cas, ens referim, a part dels dos anteriors contaminants, al CO, (NM)VOCs, totes les partícules en suspensió i metà. Els costos dels vehicles de carretera es presenten per a totes les diferències proporcionades per COPERT: diferents tipus de combustible, motors o mides de vehicles, classes d'emissions i zones regionals. La Taula 5 mostra, a partir d'una selecció de COPERT, els costos marginals de la contaminació atmosfèrica per al transport per carretera (cèntims d'euro per km). Aquests han sigut extrets a partir dels Annexos del *Handbook on the external costs of transport* (van Essen et al., 2019).

**Taula 5. Costos marginals de la contaminació atmosfèrica (c€ per km)**

	Característiques	CMg en trama urbana (c€ per km)	CMg en via alta capacitat urbana (c€ per km)
Turisme dièsel	Euro 5 (Medium)	0,99	0,90
	Euro 6 (Medium)	0,82	0,75
	Euro 6 2020 (Medium)	-	-
Turisme GNC	Euro 5/Euro 6	0,12	0,09
Turisme híbrid benzina	PHEV (SUV)	0,06	0,06
Turisme GLP	Euro 5 y Euro 6	0,13	0,09
Turisme elèctric		0,05	0,06

Font: Handbook on the external costs of transport (van Essen et al., 2019).

Unes altres emissions monetitzables són els gasos d'efecte hivernacle, a partir del CO<sub>2</sub>. La Taula 6 mostra els costos marginals de la contaminació per gasos d'efecte hivernacle per quilòmetre recorregut. Els valors dels vehicles que no són dièsel, a part de ser bastant elevats, també són bastant semblants entre ells. Això es deu a que tant el GNC com el GLP

<sup>2</sup> Tot i això, les emissions de PM<sub>2,5</sub> en ciutat a Espanya es valoren a 348 €/kg emissió PM<sub>2,5</sub>

impliquen la combustió d'un combustible fòssil. Pel cas dels híbrids, aquest valor disminueix bastant, ja que hi ha una part de més emissió en trama urbana que s'ha evitat. Pel que fa al vehicle elèctric, el valor facilitat és igual a zero.

**Taula 6. Costos marginals dels gasos d'efecte hivernacle (c€ per km)**

		CMg en trama urbana (c€ per km)	CMg en via alta capacitat (c€ per km)
Turisme dièsel	Euro 5 (Medium)	1,31	1,18
	Euro 6 (Medium)	1,31	1,18
	Euro 6 2020 (Medium)	-	-
Turisme GNC	Biofuel	0,81	0,74
Turisme híbrid benzina	Euro 4 o superior	0,44	0,57
Turisme GLP	Euro 5 y Euro 6	0,93	0,85
Turisme elèctric		0 (0,17)	0 (0,17)

Font: Handbook on the external costs of transport (van Essen et al., 2019)

Pel que fa al vehicle elèctric, van Essen et al. (2019) també consideren que les externalitats negatives lligades a la contaminació per gasos d'efecte hivernacle són zero. En el nostre cas, seguim considerant que hi ha un efecte lligat a la generació pel pool elèctric espanyol donat que el mix energètic espanyol no és neutre en gasos d'efecte hivernacle. Així, per tal d'obtenir l'externalitat negativa, ho fem a partir de la relació entre emissions de CO<sub>2</sub> d'un vehicle elèctric i un híbrid no endollable, juntament amb l'externalitat d'aquest híbrid no endollable de 0,44 c€ per km. Així, ens surt que, com a màxim, aquesta externalitat serà d'uns 0,17 c€ per quilòmetre recorregut.

Aquests valors tenen certa incertesa. Tal i com es reconeix en la seva elaboració per part de van Essen et al. (2019), la Comissió Europea està investigant sobre els costos derivats de l'emissió de contaminants atmosfèrics i gasos d'efecte hivernacle. Tot i això, les emissions es produeixen sempre de manera indirecta i, generalment, no es coneix el lloc exacte de les emissions. Per tant, els nivells d'emissions sempre tenen certa incertesa sobre a qui està afectant.

## 2.2 Una avaluació sobre l'eficiència del programa: Anàlisi cost-benefici

### 2.2.1 Costos d'administració del programa

La gestió dels ajuts presenta costos d'administració. Tot i que obtenir les dades exactes pot tenir certes dificultats, disposar d'un ordre de magnitud és relativament senzill. Així, s'ha



obtingut del Departament de Territori i Sostenibilitat el nombre de treballadors, els mesos dedicats i la categoria professional per a la convocatòria de 2018. S'ha escollit aquest any al ser el més recent i així suposar que els treballadors necessiten el menor temps possible un cop adquirit l'aprenentatge de convocatòries anteriors. A partir d'aquestes dades, podem fer aquesta aproximació. A la Taula 7 trobem la categoria professional de les tres persones dedicades, el temps emprat i el percentatge de la seva jornada laboral. A partir d'aquesta informació, fem el supòsit de l'escala administrativa d'aquestes persones treballadores per tal de treure'n el seu salari brut anual. Amb aquesta dada, ho transformem a cost per part de la Generalitat de cadascun dels treballadors. Amb aquesta dada, i tenint en compte les vacances, trobem el cost de cadascun dels treballadors, sent la suma de tots tres treballadors de 30.335 €.

**Taula 7. Estimació dels costos de gestió dels ajuts**

Dades facilitades			Dades suposades		
Categoria	Temps	Prop. jornada laboral	Escala prof.	Cost anual	Total
1 tècnic	5 mesos	80%	A20	40.152 €	14.722,4 €
1 tècnic	2 mesos	80%	A23	49.356 €	7.238,9 €
1 aux. Adm.	4 mesos	80%	C14	28.548 €	8.374,1 €
Total					30.335,4 €

Font: Elaboració pròpia amb dades aportades per DTES.

En aquesta estimació no es tenen en compte d'altres costos lligats al programa, com pot ser la despesa en béns i serveis o d'utilització dels espais, així com d'altres costos indirectes. Per l'any 2018, s'han concedit 270 ajuts i s'han rebut 405 sol·licituds. Això vol dir que gestionar cada sol·licitud ha costat un mínim de 70,9 €.

### 2.2.2 Costos pressupostaris del programa

Els costos pressupostaris del programa corresponen al pressupost executat del programa d'ajuts. Per exemple, a la convocatòria de 2015 va ser de 150.000 €, mentre que a la convocatòria 2018 va ser de 299.500 €.

### 2.2.3 Costos de la contaminació

El programa d'ajuts a la compra de vehicles de baixes emissions del pla de millora de la qualitat de l'aire de la Generalitat de Catalunya s'ha centrat en dos tipus de beneficiaris: taxistes i vehicles per a ús comercial i de serveis. Tal i com es descriu en el punt 4.11 Quilòmetres recorreguts de l'informe 1 (Veure l'informe 1), no ha estat possible trobar els

quilòmetres recorreguts pels vehicles per a ús comercial i de serveis. Com que en la descripció del tipus de beneficiaris els taxistes representen el 90,9% del total de beneficiaris, s'ha optat per centrar l'avaluació sobre l'eficiència del programa en els taxistes.

A partir de les dades aportades per l'IMET, podem fer una estimació del temps de vida útil d'un taxi a l'AMB. A partir de les dades de l'any 2019, sabem que el temps en circulació d'un taxi a l'AMB és de 4,1 anys. De les dades descrites amb anterioritat sabem els quilòmetres recorreguts diaris pels vehicles de diferents combustibles (4.11 *Quilòmetres recorreguts*, Informe 1). Així, un taxi elèctric recorre 79 km diaris, un híbrid no endollable 139,22 i un de GLP o GNC 165,83 km diaris. Pel que fa al dièsel, com que no tenim dades de quilometratge, fem el supòsit que es mou com la mitjana de tots els vehicles analitzats (141,54 km diaris). Escollim com a supòsit, tal i com hem fet anteriorment, un recorregut per trama urbana al 100%, que és el més favorable a la política. A la Taula 8 fem el càlcul de les externalitats degudes als òxids de nitrogen (1), a les PM<sub>10</sub> (2), a la suma d'aquestes dues (3), a la suma de la totalitat dels contaminants (tots, inclosos NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, i d'altres, però exclòs el CO<sub>2</sub>) a la quatre i, les externalitats només degudes al CO<sub>2</sub> (5).

**Taula 8. Externalitats dels contaminants i diòxid de carboni d'un taxi de l'AMB**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Extern. NO <sub>x</sub>	Extern. PM <sub>10</sub>	Extern NO <sub>x</sub> +PM <sub>10</sub>	Extern. Contaminants	Extern. CO <sub>2</sub>
Dièsel	990,23 €	4,54 €	994,77 €	1736,88 €	2774,77 €
GLP	118,13 €	2,78 €	120,91 €	322,61 €	2307,93 €
GNC	118,13 €	2,78 €	120,91 €	297,80 €	2010,13 €
Híbrid no endollable	23,02 €	4,68 €	27,70 €	125,01 €	916,71 €
Vehicle elèctric	0 €	0 €	0 €	59,11 €	200,98 €

Font: Elaboració pròpia

Com era d'esperar, els majors costos externs s'atribueixen els dièsel, i els menors al vehicle elèctric. Noteu que la diferència entre els dièsel i els vehicles de combustibles alternatius és molt elevada si no es considera el CO<sub>2</sub>. En fer-ho, observem que la diferència entre els GLP i els GNC amb els dièsel es redueix molt notablement.

**Taula 9. Total externalitats per contaminants i diòxid de carboni d'un taxi de l'AMB**

	(6)	(7)	(8)	(9)
	Extern NO <sub>x</sub> +PM <sub>10</sub> + CO <sub>2</sub>	Variació externalitat (respecte al dièsel)	Extern. Contaminants + CO <sub>2</sub>	Variació externalitat (respecte al dièsel)
Dièsel	3769,54 €	-	4511,65 €	-
GLP	2428,84 €	-35,56% (-1340,70€)	2630,55 €	-41,69% (-1881,11€)
GNC	2131,04 €	-43,67% (-1638,50€)	2307,93 €	-48,85% (-2203,72€)
Híbrid no endollable	944,41 €	-74,95% (2825,14€)	1041,71 €	-76,91% (-3469,94€)
Vehicle elèctric	200,98 €	-94,67% (-3568,56€)	260,09 €	-94,23% (-4251,56€)

Font: Elaboració pròpia

Amb aquestes dades podem estimar els canvis en les externalitats que es produeixen amb la substitució d'un determinat tipus de vehicle per un altre. Per exemple, la variació de les externalitats negatives entre un dièsel i un vehicle elèctric es troba al voltant del 94% (Taula 9). És, òbviament, la màxima reducció possible entre les tipologies considerades. En termes absoluts, són 3568,56 € si tenim en compte els NO<sub>x</sub>, les PM<sub>10</sub> i el CO<sub>2</sub> mentre que si tenim en compte tots els possibles contaminants (NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> i altres) juntament amb el diòxid de carboni, aquesta externalitat negativa arriba als 4251,56 €.

En aquest punt trobem pertinent avaluar si la quantitat de l'ajut per vehicle adquirit sobrepassa el valor de la externalitat. Com que aquesta és de 4000 € per vehicle (pel servei de taxi), creiem que aquesta es troba en una quantitat acceptable des del punt de vista que no sobrepassa el valor total de la externalitat en el cas de tenir en compte tots els contaminants i els gasos d'efecte hivernacle, sempre i quan el canvi suposi la substitució d'un dièsel Euro 6 per un elèctric. Noteu que, tal i com es va informar en l'informe 1 i recomanar modificar en l'informe 2, la política atorga el mateix ajut a qualsevol adquisició de vehicles elèctrics, independentment de quin sigui el tipus de vehicle que deixi de prestar el servei. Tal i com mostren les dades, per a la resta de vehicles, els ajuts individuals de 4.000 euros estarien superant el valor de la reducció dels costos externs.

Pel que fa a la variació de les externalitats negatives entre un dièsel i un vehicle híbrid no endollable, trobem que el canvi es situa al voltant del 75% (74,95-76,91%). En termes absoluts, es troba entre 2825,14 € i els 3469,94 €. Donat que els ajuts són de 1000 € per vehicle, aquestes són inferiors a l'externalitat. Pel que fa als vehicles de GLP i GNC, trobem que en els GLP es troba entre els 1340,7 i 1881,11 €, mentre que pel GNC és de 1638,5 i 2203,72 €. Per tant, en aquests casos també es compleix que el valor de l'ajut es troba per sota del valor de les externalitats negatives generades.

Fins ara hem avaluat la diferència entre el dièsel i la resta de vehicles perquè en les convocatòries avaluades el dièsel era un opció més pels taxistes que volien canviar el vehicle, tot i que la convocatòria d'ajuts no considerés quin era el vehicle anterior. Quan no ho feien, vam veure en l'apartat 4.10 Tipus de combustible del vehicle anterior de l'informe 1 que els taxistes que deixaven el dièsel es repartien entre híbrid no endollable, GLP i GNC, com a nou combustible, sent el combustible majoritari l'híbrid no endollable. En l'informe 2 ja vam argumentar que la proporció de taxistes que poden haver decidit canviar el vehicle a causa d'ela política és petit. Així, podem suposar que els taxistes quan opten per aquests vehicles amb combustibles alternatius de baixes emissions ho fan principalment per motius de costos i beneficis privats, al marge de l'ajut públic que de forma incerta podrien acabar obtenint en la següent convocatòria de l'ajut, si aquesta existeix, manté els criteris i considera elegible el moment de l'adquisició del nou vehicle. Això fa que el supòsit que l'alternativa real als vehicles de baixes emissions sigui el dièsel es debilita. Però sobretot, de cara a noves convocatòries, aquest supòsit decau completament. Tal i com es va explicar en l'informe 2, l'AMB ja no permet nous vehicles per al servei de taxi que no siguin de baixes emissions. Així, el dièsel queda descartat per als taxistes que adquireixin vehicles en el present i futur.

Per aquests motius, caldria considerar la resta de vehicles com vehicles realment de referència. Entre aquests tres (híbrid no endollable de benzina, GLP i GNC) un planificador social optaria per afavorir els híbrids no endollables, ja que presenten les menors externalitats negatives. En canvi, l'ajut actual de 1.000 euros és el mateix per a qualsevol d'aquests combustibles. A la Taula 10 fem els càlculs de les quantitats absolutes de les externalitats respecte al GLP, donat que és el que té unes majors externalitats negatives.

**Taula 10. Externalitats totals per contaminants i diòxid de carboni d'un taxi de l'AMB**

	Variació extern. NO <sub>x</sub> +PM <sub>10</sub> + CO <sub>2</sub> (respecte al GLP)	Variació extern. Contaminants + CO <sub>2</sub> (respecte al GLP)
GLP	-	-
GNC	-297,80 €	-322,61 €
Híbrid no endollable	-1484,44 €	-1588,83 €
Vehicle elèctric	-2227,86 €	-2370,45 €

Font: Elaboració pròpia

Entre el GLP i GNC, hi ha una diferència al voltant dels 300 € (297,8 € i 322,61€) mentre que pel cas de l'híbrid no endollable es troba al voltant dels 1500 € (1484,44 i 1588,83 €). Això vol dir que tractar els tres combustibles per igual és ineficient, especialment a partir del moment en que només els vehicles que no sigui dièsel podran fer el servei de taxi a l'AMB.

Per això els imports dels ajuts haurien de corregir les diferències en termes de costos externs i discriminar positivament aquells vehicles amb menys externalitats. La diferència més notable és la que hi ha entre els GLP i els híbrids endollables. L'ajut de 1000 euros es troba per sota dels estalvis de 1500 euros en externalitats que suposa que s'adquireixi un híbrid enlloc d'un GLP. En el cas dels GNC aquesta diferència és molt menor, de 300 €. De fet, cal tenir en compte que la gestió d'aquests ajuts té uns costos d'administració (112,35€ com a mínim), i això pot acabar implicant que entre GNC i GLP la diferència sigui poc significativa.

En conclusió, en el nou context i si es manté la política, s'hauria d'optar per donar ajuts que desincentivin els GLP i els GNC, a favor dels vehicles elèctrics i assimilables – principals protagonistes com ja vam argumentar en l'informe 2-, i els vehicles híbrids no endollables de benzina. L'ajut màxim pels híbrids no endollables, que cobriria exactament la diferència en costos externs seria de 1.500 euros. Pel que fa als vehicles elèctrics, la diferència de l'externalitat és troba al voltant dels 2.300 € (2.227,86 i 2.370,45 €). Per tant, en termes de costos externs, aquest podria ser l'import màxim d'ajut als vehicles elèctrics. Tanmateix, noteu que en la mesura que els taxistes han tingut l'alternativa dels vehicles híbrids no endollables, els vehicles elèctrics han tingut molt poc èxit fins i tot amb uns imports superiors de 4.000 euros. Aquesta diferència podria ser deguda a què els taxistes apliquen el criteri del *Total Cost of Ownership*, que es una comparativa de costos i beneficis privats. I en aquest cas, tot i que l'ajut és de 4.000 €, superior als beneficis d'aquest, no els hi surt a compte la seva adquisició.

#### 2.2.4 Anàlisi cost-benefici

A partir de les dades recopilades en els apartats anteriors, anem ara a construir els diferents escenaris per fer una anàlisi cost-benefici de la política. Donat que no tenim la totalitat de la informació per a les 1.113 sol·licituds, ho farem sobre la nostra mostra per després projectar els resultat per al conjunt de sol·licituds. La mostra amb la que treballarem és la de l'any 2018 i n'exclourem els vehicles comercials, donat que hi ha beneficis de la política que no hem pogut quantificar (reducció emissions). En aquesta mostra, no hi ha cap vehicle elèctric.

Beneficis socials associats al programa:

- Reducció de les externalitats: les externalitats a tenir en compte són la reducció dels contaminants (NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> i altres) juntament amb el CO<sub>2</sub>. Per a cada vehicle que ha sol·licitat al programa, segons el tipus de combustible, aplicarem el valor del benefici lligat a la reducció de tots els contaminants i de CO<sub>2</sub> de la Taula 9, sent 1881,11 € pel

GLP, 2203,72 pel GN i, 3469,94 pels híbrids no endollables si el combustible del vehicle d'origen és el dièsel. Quan aquest combustible d'origen sigui diferent, aquestes quantitats variaran. Es a dir, tindrem en compte el combustible del vehicle d'origen i el combustible del vehicle adquirit per calcular el diferencial d'externalitats. En cas que el combustible sigui el mateix, el benefici serà nul mentre que si es passa d'un menys a més contaminant, tindrà signe negatiu. Aplicarem una taxa social de descompte del 3% per als 4,1 anys de vida útil del taxi. El valor total dels beneficis degut a la reducció d'externalitats és de 159.837,47 € per a la nostra mostra. El 84,2% d'aquesta xifra correspon als híbrids no endollables, el 10,9% al GNC i el 8% al GLP. Recordeu que estem suposant, com a escenari de referència, que tots els sol·licitants han adquirit un vehicle de baixes emissions a causa de la política. Aquest és un supòsit extrem i favorable a la política que després modificarem.

#### Costos

- Costos d'administració i gestió del programa: el cost de la gestió i administració dels ajuts és de 70,9 € per ajut. Per a les 76 sol·licituds de la nostra mostra, el total d'aquesta categoria és de 5.388,4 €.
- Costos pressupostaris dels ajuts concedits: s'han concedit un total de 56 ajuts per valor nominal cadascun d'ells de 1.000 €. El total d'aquesta categoria és de 56.000 €.

Una vegada tenim els costos i beneficis per aquesta part del programa de la convocatòria 2018, a la Taula 11 en mostrem el resultat. El resultat és clarament favorable, al tenir uns beneficis clarament superiors als costos, sent el resultat de 98.449,07 €. El rati de beneficis sobre costos (B/C) és de 2,60.

**Taula 11. Beneficis i costos de la política en valor 2018 (mostra)**

	Concepte	Quantitat (€ de 2018)
Beneficis	Reducció d'externalitats	159.837,47 €
Costos	Costos administració i gestió	5.388,40 €
	Costos pressupostaris	56.000,00 €
VAN <sup>s</sup>		98.449,07 €
B/C		2,60
Percentatge mínim de canvi		38,41%

Font: Elaboració pròpia

Aquest resultat ha de considerar-se el màxim retorn de la política. Si bé no hi ha cap dubte que s'ha incorregut en aquests costos per la implementació de la política, cal recordar que els beneficis socials s'han estimat sota un supòsit extrem. Com hem explicat, en l'avaluació dels beneficis de la política hem suposat que aquests són deguts als efectes de la política, que hauria causat el 100% de les adquisicions de vehicles dels taxistes que haurien sol·licitat l'ajut el 2018. Aquest supòsit, com hem dit i també com vam argumentar en l'informe 2, és poc creïble. Per això analitzarem com una disminució d'aquest percentatge de causalitat fa variar els resultats, fins el punt de trobar l'equilibri entre Beneficis socials i costos socials ( $VAN^s=0$ ). Aquest supòsit extrem i irreal ens ha servit, per tant, per delimitar la contribució màxima del programa. I l'anàlisi de sensibilitat ens ha de permetre identificar el percentatge mínim d'adquisicions efectivament causades pel programa que faria el programa una política que contribuís positivament al benestar. Aquest valor serà el percentatge de substitucions de vehicles mínim que haurien de ser causats pel programa per tal de compensar els costos del mateix. Per tant, es requereixen percentatges superiors a aquest per concloure que la política ha tingut una contribució socioeconòmica positiva, si bé no necessàriament suficient, ja que no n'hi ha prou amb un VANs positiu per a justificar una política pública i l'ús de recursos de l'economia i del govern, en aquest cas. Així, podem identificar quin seria el valor mínim d'adquisicions causades per la política que incrementi el benestar de la societat i quin seria el mínim exigible tenint en compte criteris estàndard com obtenir una TIR superior a la taxa de descompte social. A la Taula 11 mostrem que aquest percentatge mínim hauria de ser del 38,41%.

## 2.2.5 Anàlisi de sensibilitat

### 2.2.5.1 Taxistes

Els beneficis lligats a la reducció de les externalitats seran més grans com major siguin les emissions estalviades. Un dels supòsits es canviar la proporció de tipus de via. Mentre que a l'anàlisi cost-benefici s'ha considerat un 100% de viatges en xarxa urbana, la primera anàlisi de sensibilitat serà mantenint l'ACB però, el 50% del viatge serà en xarxa urbana i l'altre 50% en vies d'alta capacitat metropolitanes. El  $VAN^s$  seguirà sent positiu, de 83.589,56 € i el rati B/C de 2,36. El percentatge de substitucions mínimes haurà de ser del 42,34%.

Una segona anàlisi de sensibilitat és mantenir l'anàlisi del paràgraf anterior, variant la taxa social de descompte. Si augmentem la taxa social de descompte del 3 al 5%, el benefici disminueix fins al 79.446,81 € amb un rati B/C de 2,29. La proporció de substitucions mínimes lligades a la política haurà d'arribar al 43,59%. Per tant, un augment del 66% de la

taxa social de descompte, el VAN<sup>s</sup> disminueix en un 5%, el rati B/C un 3% i la taxa de substitució mínima augmenta 1,25 punts percentuals. Per tant, canvis a la taxa social de descompte no afecten en gran mesura als resultats del projecte. D'altra banda, aquest resultat és esperable donat el baix nombre de períodes de temps d'aquesta política.

Un tercera anàlisi de sensibilitat és introduint només ajuts al vehicle elèctric. De la nostra mostra del 2018, suposem que tots els vehicles adquirits són elèctrics, i tenim en compte el combustible del vehicle d'origen. Suposem que tots els que apliquen al programa reben l'ajut i, que totes les compres al vehicle elèctric són induïdes pel programa d'ajuts. En els costos del programa, substituïm la despesa de 1.000 € per vehicle a 4.000 €. Mantenim el supòsit de 50% de circulació en xarxa urbana i 50% en via d'alta capacitat. Amb la mateixa taxa social de descompte, obtenim un VAN<sup>s</sup> de -67.546 € i un B/C de 0.78. Aquest fet es degut a que el benefici social de passar d'un vehicle de gasoil a elèctric és de 4.110 €, i si l'ajut és de 4.000 € i la gestió del programa té un cost, per cada ajut, hi ha un benefici social petit. Però, a més, si el combustible d'origen és un GLP, GNC o híbrid endollable, la pèrdua social es dona degut a l'increment d'aquest diferencial. En el nostre cas, les pèrdues són contingudes degut a què el 65% dels vehicles inicials són gasoil, però a mesura que passi el temps i aquesta proporció d'aquest combustible disminueixi, les pèrdues socials s'incrementaran amb aquest nivell d'ajuts. Així, podem establir quina seria la quantitat màxima de subvenció per a un taxi elèctric, segons el combustible d'origen i els costos d'administració del programa. Si el vehicle és dièsel, ascendeix a 4.035 €, si és un GLP 2.350 €, si és GNC 2.050 € i, si és un híbrid no endollable, 1.050 €.

#### 2.2.5.2 Vehicles comercials

Al llarg d'aquest Anàlisi Cost-Benefici tan sols ens hem centrat en els taxis. La falta de dades sobre el quilometratge dels vehicles destinats a flotes comercials impossibilita el seu càlcul. Tot i això, creiem pertinent aportar alguna dada que permeti ser una guia en les decisions sobre aquest col·lectiu.

Pel que fa a la part de costos, els costos d'administració del programa es mantenen. En els costos pressupostaris de la política modifiquem la quantitat de cada ajut de 1000 a 1200 €. Pel que fa a la part de beneficis lligats a les externalitats, utilitzem la mateixa font utilitzada pels taxis, el *Handbook on the external costs of transport* (van Essen et al., 2019), no reporta la totalitat de les externalitats d'aquest col·lectiu. Es a dir, trobem valors per a vehicles comercials lleugers dièsel, però no en GLP, GNV o híbrids no endollables.



Pel que fa al diòxid de carboni, trobem dades lligades als contaminants per als vehicles dièsel Euro 6 d'aquest col·lectiu en 3,22 i 2,16 c€ per km en via d'alta capacitat i trama urbana, respectivament. Pel cas dels taxis, aquests valors eren de 0,75 c€ per km en via d'alta capacitat i 0,82 c€ per km en trama urbana. Així, els increments d'emissió de contaminants lligats al dièsel pels vehicles comercials lleugers és bastant elevat. Pel que fa al CO<sub>2</sub> és de 2,31 c€ per km en via d'alta capacitat i 2,4 c€ per km en trama urbana. Pel cas dels taxis, 1,18 i 1,31 en via d'alta capacitat i trama urbana, respectivament.

Pel que fa a les externalitats lligades a d'altres combustibles que no sigui el dièsel, no hi ha dades disponibles per quantificar aquestes externalitats. Des d'una vessant subjectiva per part nostra, decidim aplicar els mateixos percentatges que en el cas del taxi, tot augmentant un 50% més les externalitats en els combustibles alternatius dels taxis per als vehicles comercials lleugers.

El nostre escenari a avaluar serà aquell en què el 50% del recorregut es fa en trama urbana, i el 50% restant en vies d'alta capacitat metropolitanes. També, tindrem en compte el combustible d'origen i final, per tal d'aplicar factors correctius als estalvis d'emissions. D'altra banda, afegim un segon escenari, mantenim tot igual però ara suposarem que els vehicles comercials es mouen la meitat de quilòmetres diaris que un taxi, però n'allarguem la vida útil un 50% més, passant dels 4.1 als 6.15 anys per vehicle. A la Taula 12 mostrem els resultats sobre la nostra mostra analitzada. Cal destacar que, a diferència del taxi (Taula 11), tant el VAN<sup>s</sup> com el B/C han incrementat, així com el percentatge de sol·licitants que hagin decidit canviar de vehicle gràcies a la política disminueix. Si ens fixem en aquests dos escenaris, trobem que augmentar la vida útil del vehicle però que acabi fent menys quilòmetres, en redueix el VAN i la ràtio B/C.

**Taula 12. Beneficis i costos de la política en valor 2018 en diferents escenaris (mostra)**

	Concepte	Escenari 1 (€ de 2018)	Escenari 2 (€ de 2018)
Beneficis	Reducció d'externalitats	390.214,80 €	289.939,30 €
Costos	Costos administració i gestió	5.388,40 €	5.388,40 €
	Costos pressupostaris	67.200,00 €	67.200,00 €
VAN <sup>s</sup>		317.626,40 €	217.350,90 €
B/C		5,38	3,99
Percentatge substitucions mínimes		18,60%	25,03%
Temps de vida útil del vehicle		4,1 anys	6,15 anys

Font: Elaboració pròpia

Una última anàlisi de sensibilitat és fer el mateix que en el cas del taxi: suposem que tots els vehicles subvencionats són elèctrics. De la nostra mostra del 2018, suposem que tots els vehicles adquirits són elèctrics, i tenim en compte el combustible del vehicle d'origen. Suposem que tots els que apliquen al programa reben l'ajut i, que totes les compres al vehicle elèctric són induïdes pel programa d'ajuts. En els costos del programa, substituïm la despesa de 1.200 € per vehicle a 4.500 €. Mantenim el supòsit de 50% de circulació en xarxa urbana i 50% en via d'alta capacitat. Amb la mateixa taxa social de descompte, obtenim un VAN<sup>s</sup> de -28.931 € i un B/C de 0,92. En aquest cas, a diferència del taxi, la pèrdua és molt menor, deguda a la reducció de les externalitats del dièsel, ja que un vehicle comercial lleuger té unes emissions amb dièsel molt superiors a les d'un taxi. I, per últim, podem trobar la mida de l'ajut segons el combustible d'origen del vehicle, tot tenint en compte els costos del programa. Si és un vehicle dièsel, pot arribar als 7.090 €, si és un GLP a 2.240 €, un GNC 1.930 i, un híbrid no endollable a 880 €.

### 3. Proposta metodològica per a l'avaluació causal de la política

#### 3.1 L'avaluació causal i els mètodes empírics a disposició dels avaluadors.

L'avaluació d'impacte cerca l'estimació del canvi causal produït per la política o intervenció en la variable objectiu de la mateixa. La teoria del canvi, descrita en l'informe 2 d'aquest assessorament tècnic, es basa en la hipòtesi teòrica que les subvencions per a l'adquisició de vehicles de baixes emissions incrementarà el nombre d'aquests vehicles, de forma que les emissions es veuran disminuïdes gràcies a la circulació d'una flota més sostenible i que produeix menys emissions del que es produiria sense la política. Per tant, l'avaluació empírica d'aquesta teoria i el contrast efectiu de la hipòtesi, es basa en l'estudi de l'associació entre l'existència i implementació de la política (subvencions) i els canvis experimentats en la variable objectiu (disminució de les emissions i millora de la qualitat de l'aire), a partir de les renovacions en la flota de vehicles.

De l'informe 2 sobre avaluació del disseny de la política, hem conclòs que la política pot patir dificultats per satisfer o validar la teoria del canvi. Un dels elements que hem considerat rellevant i que caldria reconsiderar, és que donats els recursos de la política, el nombre de vehicles substituïts per la mateixa i la dimensió del problema de la qualitat de l'aire en el conjunt de la zona de protecció especial, fa molt difícil poder esperar un impacte significatiu sobre les emissions capturades per les estacions de control, d'on es podrien obtenir les variables objectiu que haurien de canviar davant d'impactes positius de la política. Tanmateix, un dels aspectes que sí es pot avaluar empíricament per contrastar la validesa o no de la hipòtesi fonamental de la política és contrastar la hipòtesi parcial que, segons el segon informe, seria responsable dels productes o resultats de la política i que s'haurien de traslladar a reduccions de les emissions i millora de la qualitat de l'aire. Ens referim a la hipòtesi que vincula les subvencions (activitats) amb la substitució de vehicles (productes) canalitzada mitjançant l'adquisició de vehicles de baixes emissions. Aquesta hipòtesi, tal i com hem argumentat en l'informe 2 d'avaluació del disseny, ha resultat ser la més controvertida i la responsable, segons les nostres conclusions, dels majors problemes que estaria experimentant la política per ser efectiva.

Malgrat aquesta conclusió, que ens fa ser escèptics en quant a l'impacte causal de la política, en aquesta secció proposarem diferents estratègies empíriques que puguin estimar l'impacte causal de forma rigorosa. Per fer-ho, cal identificar una pregunta d'avaluació i una estratègia d'identificació que permeti avaluar el que hauria passat sense la política, és a dir, el contra factual.

Noteu que la simple associació entre les subvencions i l'adquisició de vehicles de baixes emissions no ha de confondre's amb l'impacte causal de la política. Ni tan sols el fet que existeixi un excés de demanda d'ajuts – com es mostra en l'informe 1 de diagnòstic- no suposa que les adquisicions de vehicles hagin estat causades per la política. De fet, la variable objectiu, en aquest cas l'adquisició de vehicles de baixes emissions, es determina per diversos factors, essent la política – potser- un d'ells, el que permetria identificar la part del canvi que estaria sent promoguda per la intervenció pública.

La confusió entre correlació i causalitat és força habitual en l'avaluació ex-post de polítiques, el que aporta uns resultats i condueix a unes conclusions esbiaixades, que no necessàriament reflecteixen correctament l'autèntica contribució de la política als canvis observats en les variables objectiu. A més, hi ha altres problemes estadístics que poden dificultar la identificació adequada de l'efecte de la política, com el biaix de selecció, l'omissió de variables rellevants, la multicolinealitat, o altres problemes que no podem cobrir de forma exhaustiva en aquest informe.

La pregunta de l'avaluació més rellevant que hem identificat, tot i que després en proposarem d'altres de menor entitat, és avaluar si la política de subvencions ha promogut una quantitat d'adquisicions de vehicles de baixes emissions en la zona de protecció especial de l'espai atmosfèric superior a les que el propi mercat hagués produït. Si els resultats ens mostren que la política no ha promogut més adquisicions del que haguéssim obtingut amb el contrafactual (sense la política), la política no seria efectiva ni eficient, ja que la manca d'impacte causal implicaria un ús ineficient dels recursos públics. Noteu que una política només pot ser eficient si és efectiva. L'efectivitat de la política és una condició necessària però no suficient per a l'eficiència de la mateixa.

Si en canvi la política és efectiva, hi ha diverses preguntes que poden complementar la pregunta inicial. Si és efectiva, convindria avaluar si l'efecte és heterogeni, depenent de les tipologies de vehicles, de la tipologia d'ajuts o imports concrets, o de les característiques sociodemogràfiques dels beneficiaris elegibles, o fins i tot en termes espacials o geogràfics i temporals. En relació a aquesta última qüestió, pot ser rellevant conèixer com es produeix l'efecte de la política, si és un impacte immediat o si, pel contrari, actua amb un cert retard.

En aquest sentit, la proposta metodològica per a una estratègia d'avaluació d'impacte de la política que proposarem es basa en la proposta de mètodes quantitius quasi-experimentals capaços d'aïllar l'efecte de la política per la via d'estratègies d'identificació causal i mitjançant l'estimació d'un contrafactual. És a dir, es pretén estimar la situació que

s'hauria donat sense la política per tal de comparar-la amb la realitat observada. Òbviament, el principal inconvenient és que aquest contra factual no és observable. Aquest problema es coneix com el problema fonamental de l'avaluació, i requereix de tècniques avançades per estimar rigorosament allò que no pot ser observat. Entre aquestes tècniques trobem els mètodes experimentals, que requereixen que la política tracti els individus o unitats de la població diana de forma aleatòria, sigui mitjançant l'explotació d'algun esdeveniment inesperat (experiments naturals) o bé sigui mitjançant l'aleatorització del tractament amb la manipulació de l'assignació del tractament per part de la unitat pública que dissenya la política o per part dels avaluadors de la mateixa. En aquest darrer cas, els avaluadors haurien d'estar integrats en el procés de disseny i implementació de la política. Malauradament, cap d'aquests dos escenaris es dona amb facilitat en l'àmbit de les polítiques públiques, i no hi ha dubte que no es dona en el cas específic de la política que ens ocupa.

Per un costat, la política de subvencions per a l'adquisició de vehicles de baixes emissions no tracta aleatòriament als individus que poden ser elegibles. Primer, hi ha una clara auto selecció per part dels individus que molt probablement es correlaciona amb l'adquisició del vehicle i les seves característiques (que per exemple poden fer més atractiva privadament la compra del vehicle de baixes emissions). Segon, la prioritització es basa en un ordre d'arribada de la documentació, que ja hem vist en l'informe 1 de diagnòstic que no sembla ser del tot aleatori. Tercer, i més important, la política atorga subvencions a adquisicions realitzades amb anterioritat a les convocatòries, el que no s'ajusta a l'avaluació ex-post amb la comparació entre tractats i no tractats per la política, ja que el grup de control estaria construït a partir d'individus que també experimenten el mateix canvi en la variable objectiu, que és l'adquisició de vehicles de baixes emissions. Tot en conjunt fa inviable, segons el nostre criteri, el supòsit d'exogeneïtat de la intervenció de qualsevol model experimental i la seva viabilitat empírica.

Davant de les dificultats, per altra banda habituals, d'aplicar mètodes experimentals, existeixen alternatives que permeten assolir els mateixos resultats no esbiaixats de la política mitjançant el treball estadístic i la satisfacció d'alguns supòsits que puguin ser validats empíricament. Aquests mètodes es denominen quasi-experimentals, i sovint treballen sota el supòsit que tot i que el tractament no és aleatori, pot eliminar-se el biaix que això ocasiona.

Entre els mètodes més coneguts d'aquest grup quasi-experimental trobem els mètodes d'emparellament (*Matching* i *Propensity Score Matching*), de Diferències en Diferències (o dobles diferències), de Control Sintètic, la Regressió en discontinuïtat o les Variables

Instrumentals, entre d'altres. Aquests, mitjançant estratègies estadístiques i determinats supòsits, permeten estimar de forma robusta l'efecte causal individual produït per part de la política pública avaluada acceptant la no aleatorietat del tractament de la política. Ho fan, majoritàriament, dissenyant un grup de control (per diferents vies cadascun dels mètodes) que són els que ajuden a construir el contrafactual. Aquest servirà per conèixer quin hauria estat el canvi produït en la variable objectiu si no s'hagués implementat la política, ja que en qualsevol cas, hi hauria hagut adquisicions de vehicles de baixes emissions sense aquesta.

La comparació de la realitat amb el contrafactual és el que permet conèixer la part del canvi de la variable objectiu que ha estat causada pel programa públic. Per aquest motiu, la proposta de metodologia es centrarà en la discussió sobre la idoneïtat i requeriments dels diferents mètodes quasi-experimentals que podrien aplicar-se en el cas concret de la política objecte d'avaluació. D'aquests, escollirem els que ens semblen més viables donat el context de la política, i proposarem els passos que podrien permetre la seva implementació i els elements metodològics als que més atenció caldria dedicar o els elements de major preocupació tècnica que caldria analitzar per tal de confiar en els resultats obtinguts.

Apart de l'estratègia empírica, es detallarà també la tipologia de dades necessàries per aquesta tasca i els supòsits que han d'acomplir-se per garantir la robustesa dels mètodes emprats i que, per tant, caldrà avaluar per qui executi una avaluació d'impacte emprant aquests mètodes. A partir d'aquesta elecció, farem una proposta de calendari dels passos que caldria fer en la seva execució i una estimació preliminar de quins serien uns terminis raonables d'execució de les diferents tasques.

### 3.2 Estratègies quasi-experimentals: discussió metodològica.

Entre els mètodes quasi-experimentals trobem una àmplia varietat d'estratègies alternatives que, com hem mencionat, tracten d'aproximar-se a la construcció del contra-factual mitjançant diferents tècniques estadístiques i ho fan sota supòsits específics. És aquest treball empíric – que requereix d'informació diferent - i la satisfacció dels supòsits, el que permet que malgrat la no aleatorietat del tractament, es pugui estimar l'impacte causal de la política mitjançant la diferència que existeix entre la realitat observada - el canvi observat-, i el canvi que s'hauria produït sense la política.

Cada mètode experimental requereix un context molt específic per ser vàlid i aportar els resultats no esbiaixats del tractament. A continuació discutirem l'adequació o no d'alguns dels mètodes que podrien considerar-se en l'avaluació de la política objecte d'aquest informe.

### 3.2.1 Mètodes d'emparellament

Un dels mètodes amb major capacitat per aproximar-se als resultats que s'obtindrien amb un disseny experimental és el dels mètodes d'emparellament. Aquests mètodes funcionen mitjançant una estratègia en dues etapes i requereixen l'acceptació del supòsit d'exogeneïtat condicional. És a dir, accepten que el tractament no és aleatori però suposen que els elements que determinen el tractament són independents del canvi esperat en la variable objectiu de la política i, a més, són observables. És a dir, descarten que hi hagi cap element inobservable que expliqui per què un individu té més probabilitats de rebre el tractament i més o menys probabilitats d'obtenir un canvi més gran o més petit en la variable objectiu. En el nostre cas, l'aplicació d'aquest mètode suposaria que els individus tractats ho són perquè tenen unes característiques observables que expliquen la recepció de l'ajut i que aquestes característiques no es troben associades a una major probabilitat d'adquirir el vehicle.

A partir d'aquests supòsits, el mètodes d'emparellament estimen en una primera etapa quina és la probabilitat que un individu obtingui l'ajut en funció de les seves característiques observables – normalment mitjançant models probabilístics - i els emparellen amb aquells que tenen la mateixa probabilitat (o una de similar) de rebre l'ajut.<sup>3</sup> Una vegada finalitzada la primera etapa, la segona etapa es dedica a calcular les diferències en la variable objectiu per parelles i a calcular la diferència mitjana produïda tot considerant totes les diferències dels emparellaments. Aquesta darrera diferència mitjana és l'impacte causal mitjà de la política.

Aquests mètodes requereixen d'informació de força detall a nivell micro, és a dir, a nivell d'individu o unitat elegible, i requereix conèixer els canvis en la variable objectiu tan dels individus del grup control com del grup tractat. El mètode, per tant, necessita emparellar un gran nombre d'individus o unitats, i no és fàcilment aplicable a unitats agregades que sovint conformen grups més petits d'observacions. La importància quantitativa dels grups és

---

<sup>3</sup> Existeixen multitud d'estratègies i algorismes per fer aquests emparellaments. Entre ells destaquem els mètodes dels veïns més propers, amb o sense reemplaçament i amb o sense calíper o radi, el mètode Kernel, el d'estratificació o el de regressió lineal local.

clau en aquesta metodologia, ja que cal trobar individus en els dos grups que puguin ser considerats estadísticament molt similars.

En el context de la nostra política aquests mètodes poden tenir dificultats importants tal i com està dissenyada la política. Per un costat, aquests mètodes pateixen de biaixos de selecció quan les polítiques són voluntàries i el tractament depèn de les decisions dels individus. Així, la probabilitat que hi hagi elements no observables que es trobin correlacionats tant amb el tractament (probabilitat de rebre l'ajut) com amb el canvi esperat (l'adquisició de vehicles de baixes emissions) esbiaixaria els resultats. Una forma d'evitar aquest biaix de selecció seria aprofitar l'existència de sol·licitants de l'ajut que no han estat finalment receptors de l'ajut i que pot suposar-se que poden tenir elements inobservables que expliquin la seva voluntat de participar en el programa similars a les del grup tractat. Aquesta estratègia solucionaria el biaix de selecció si es pogués demostrar que l'expectativa de recepció de l'ajut per part del grup de tractats i no tractats és la mateixa, i que per tant, pot considerar-se raonablement aleatòria dins del grup de sol·licitants.

Dit això, el problema principal amb el que ens trobem és que en el cas d'aquesta política no es pot fer una sol·licitud de l'ajut sense haver adquirit el vehicle, perquè la política finança compres ja realitzades (veure l'informe 2 d'avaluació del disseny). El que implica que no es pot ser tractat sense haver assolit ja el canvi en la variable objectiu. Hi ha una correlació perfecta entre tractament i canvi en la variable objectiu que no permet comparar els tractats amb els no tractats. No ho permet fer amb els individus que també han sol·licitat l'ajut com a grup de control, perquè també han assolit el canvi en la variable objectiu en tots els casos – han adquirit un vehicle de baixes emissions –, el que fa que no hi hagi cap variabilitat ni diferències entre tractats i controls en els emparellaments en la probabilitat d'adquirir un vehicle de baixes emissions. Es tracta d'un problema d'endogeneïtat que no es pot resoldre, ja que és l'adquisició del vehicle el que explica i determina el tractament, i no al revés. La direcció de l'efecte és la contrària al que és l'habitual perquè la política no causa el canvi, sinó que és el canvi el que causa el tractament.

Tampoc ho permet fer amb un grup de control construït a partir dels conductors del col·lectiu elegible que no haurien sol·licitat l'ajut perquè la pràctica totalitat dels que no han sol·licitat l'ajut és perquè no han comprat cap vehicle de baixes emissions. Així, aquesta via només seria transitable si es pogués trobar que existeix un col·lectiu ample d'individus que no han sol·licitat l'ajut malgrat haver adquirit un vehicle de baixes emissions. Només així hi



hauria la suficient variabilitat en el grup control per tal de poder fer-ne els emparellaments i obtenir un resultat d'impacte mitjà de la política.

Aquest emparellament, d'altra banda, només seria possible si es disposés de molta informació personal sobre els conductors per assegurar que tot el que determina el tractament queda reflectit en el model de probabilitat que prediu la probabilitat de tractament, cosa que segons l'experiència que hem obtingut amb aquest assessorament tècnic, pot ser complicada. Tanmateix, hem vist que poden utilitzar-se dades relatives als km recorreguts (via la inspecció tècnica de vehicles), el context en el que aquests es treballen i circulen (zones més urbanes o menys), la tipologia i informacions de detall dels vehicles, etc. Amb aquestes dades es podria aproximar l'impacte de la política amb un cert risc d'obviar altres elements que estiguin explicant l'adquisició de vehicles al marge d'aquestes característiques. En qualsevol cas, considerem improbable que es pugui identificar un grup elevat d'elegibles que no hagin sol·licitat l'ajut que dotin de variabilitat al grup de control. I fins i tot en aquest cas, el grup tractat no tindria cap variabilitat perquè tots haurien adquirit un vehicle de baixes emissions. En general, concloem que el problema d'endogeneïtat elimina la possibilitat d'aplicar un mètode d'avaluació per emparellament sense combinar-lo amb altres metodologies, tot considerant com a àmbit d'anàlisi la zona de protecció especial de l'ambient atmosfèric.

En aquest sentit, considerem que una alternativa més viable podria ser utilitzar com a grup de control els individus que treballen fora de la zona d'especial protecció de l'espai atmosfèric. Aquest grup de control garanteix la variabilitat en termes d'adquisicions de vehicles de baixes emissions, ja que sense poder ser tractats, podem trobar individus amb característiques similars als de la zona de protecció especial – els elegibles – que hagin adquirit o no vehicles de baixes emissions. En aquest cas la condició de membre del grup de control no s'associaria perfectament a l'adquisició de vehicles de baixes emissions – com ens passava amb els sol·licitants que no havien rebut l'ajut – ni amb els que no han adquirit els vehicles de baixes emissions – el que ens succeïa amb el grup de control dels que no sol·licitaven l'ajut dins de l'àrea de protecció de l'espai atmosfèric.

En aquest escenari, el grup tractat estaria format pels individus que efectivament haurien rebut l'ajut, mentre que en el grup control trobaríem els individus que essent treballadors o no de l'àrea de protecció especial de l'espai atmosfèric, no haurien rebut l'ajut. Aquesta estratègia, obligaria a demanar informació sobre les característiques dels taxistes no només de l'àrea tractada, sinó també de l'àrea no elegible. A diferència del que succeeix en el

cas de l'AMB, en el que tots els municipis es troben sota el paraigües de l'Institut Metropolità del Taxi, que centralitza la informació, la responsabilitat sobre aquest mercat és municipal en la resta de zones susceptibles de considerar-se en l'avaluació. Això suposa que caldria contactar amb els ajuntaments i les àrees municipals dedicades al servei de taxi per tal de demanar dades específiques d'aquells que han gaudit de llicència de taxi, suposant que aquesta informació històrica es troba registrada i digitalitzada. Aquest exercici ens sembla molt complex i probablement consumiria molt temps. Però més enllà d'això, persisteixen els dubtes sobre si existeixen o no variables no observades que puguin estar correlacionades tant amb el tractament com amb l'expectativa d'adquisició de vehicles de baixes emissions. La limitació que hi pot haver en les dades en aquest context pot fer d'aquest possible biaix un problema significatiu.

### 3.2.2 Variables instrumentals

Una alternativa al model d'emparellament és el mètode de variables instrumentals. Aquest mètode permet solucionar els problemes d'endogeneïtat de les polítiques mitjançant l'ús de variables instrumentals. Aquestes variables haurien d'estar correlacionades amb el tractament (condició de rellevància), però no estar-ho amb els canvis esperats en la variable objectiu (condició d'exclusió). Així, l'estimació de l'impacte sobre la probabilitat d'adquirir un vehicle de baixes emissions es faria d'acord amb la part del canvi provocat pel tractament que s'explica a partir de la variable instrumental.

El mètode de variables instrumentals treballa també en dues etapes. En la primera, s'estima un model de predicció del tractament on la variable instrumental s'incorpora com a regressor, juntament amb els altres elements que puguin determinar el tractament. En el context d'aquesta política la variable instrumental podria prendre valor 1 per aquells que treballen o donen servei a la zona de protecció especial, que és el que fa elegible (a més de la compra del vehicle), i 0 en cas contrari. Posteriorment s'utilitza el model resultant per a predir la probabilitat de tractament dels diferents individus i s'incorpora, aquesta predicció, en una segona etapa basada en l'estimació del canvi en la variable objectiu enlloc de la variable de tractament. Amb aquesta estratègia s'avaluaria l'impacte de la política, que en realitat seria la part del tractament que vindria explicada pel fet de treballar en l'àrea elegible i no exactament l'efecte del tractament. El resultat, en aquest cas, no seria l'impacte mitjà de la política sinó el que s'anomena *intent to treat*, i que pot traduir-se com l'efecte d'intentar tractar amb la

política. Aquest és sempre inferior a l'impacte mitjà de la política. Tanmateix, el percentatge de tractats és conegut, i pot permetre obtenir a partir del *intent to treat* un efecte mitjà local de la política. En qualsevol cas, en aquest escenari metodològic es segueixen necessitant les dades específiques dels individus, essent aquest un inconvenient pràctic. A més, necessita acceptar els supòsits de qualitat de la variable instrumental.

En primer lloc, la variable instrumental ha de satisfer la condició de rellevància. Això vol dir que la variable ha d'explicar de forma significativa la probabilitat de rebre un ajut. En un col·lectiu tant ampli com el dels taxistes de la zona de protecció especial, aquest supòsit podria no donar-se, ja que el percentatge de conductors que adquireixen un vehicle de baixes emissions és baix anualment en conjunt. Dit això, en l'actualitat el parc de vehicles de baixes emissions a l'AMB és ja superior al 50%, el que mostra una dinàmica de renovacions acumulada significativa. En qualsevol cas, és un supòsit que caldria contrastar.

En segon lloc, la variable instrumental ha de satisfer la condició d'exclusió. Això vol dir que no pot estar correlacionada amb una major o menor expectativa de canvi en la variable objectiu. Això vol dir, en el nostre context de la política, que el fet de pertànyer a la zona de protecció especial no ha de fer més o menys probable que un taxista adquireixi un vehicle de baixes emissions. Aquest supòsit pot ser controvertit i caldria avaluar-lo, ja que el context de l'entorn urbà d'alta densitat de trànsit en el que es presta el servei pot ser especialment atractiu i pot facilitar l'amortització privada de la inversió, molt més del que podria assolir-se en un entorn diferent al de la zona de protecció especial. Aquest fet esbiaixaria els resultats perquè la variable instrumental no garantiria la condició d'exogeneïtat, ja que seria més probable que hi hagi una adquisició en l'àmbit elegible que fora de l'àmbit elegible, al marge del que produeix la política. Si bé ens sembla una estratègia a explorar, creiem que els inconvenients relacionats amb la obtenció de les dades necessàries de fora de l'àmbit metropolità i, sobretot, els dubtes sobre la validesa de la condició d'exclusió de la variable instrumental basada en l'àrea de treball dels taxistes, poden suposar esculls importants en aquesta estratègia empírica. Dit això, un equip avaluador que s'encarregui d'aquesta política podria considerar altres variables instrumentals alternatives que compleixin els requeriments, i per això pot valer la pena no descartar d'entrada aquesta opció, com sí fem en el cas dels emparellaments.

### 3.2.3 Diferències en Diferències

Una alternativa als models anteriors és la consideració del mètode de diferències en diferències o dobles diferències (també conegut com a estimador en diferències). Aquest mètode es basa en el supòsit que el biaix de selecció pot ser eliminat mitjançant l'explotació de diferències temporals, és a dir, avaluar les polítiques en termes de taxes de canvi o creixement (o decreixement) relatives, comparant l'evolució mitjana temporal de la variable objectiu del grup de tractament i la del grup de control.

Aquest mètode accepta que el grups tractats i control són diferents en característiques. I en particular, en característiques inobservables. I també en el valor inicial (o punt de partida) en el valor de la variable objectiu previ a la política. En el cas que ens ocupa, aquesta variable podria ser el percentatge de la flota que té característiques de baixes emissions. Aquest fet no és un problema pel mètode, a diferència dels mètodes d'emparellament. De fet, el mètode de diferències en diferències relaxa la condició d'exogeneïtat condicional, acceptant que una part dels errors poden estar correlacionats amb la variable de tractament. La única condició que hi posa és que aquesta heterogeneïtat inobservable sigui constant al llarg del temps. És a dir, que les diferències en allò que no és observable entre el grup tractat i el grup control siguin unes diferències que es mantinguin estables en el temps. En el cas que això no sigui acceptable, el mètode de diferències en diferències ens reportaria una estimació dels impactes esbiaixada.

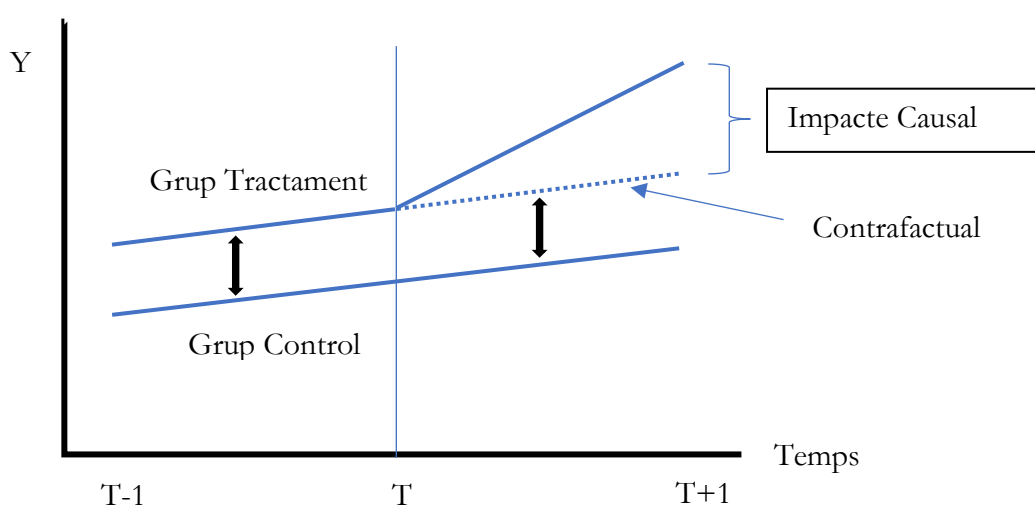
Fixeu-vos que el mètode de diferències en diferències, a diferència dels d'emparellament, considera la mitjana dels valors de la variable objectiu dels dos grups i en pren les diferències al llarg del temps. El contrafactual, en aquest cas, no és exactament el grup de control – a diferència del que passava amb els mètodes d'emparellament-, ja que com hem dit aquest grup és diferent en característiques al grup tractat. Per exemple, en el nostre cas, l'entorn urbà en el que es condueix és diferent entre zones a Catalunya, i en canvi, podem suposar que aquestes diferències es mantenen força estables al llarg del temps, o com a mínim pel temps necessari per a l'avaluació. Per tant, si els cotxes híbrids són més fàcilment amortitzables en l'entorn metropolità de Barcelona, donades les característiques de la mobilitat i del servei en aquest entorn, a diferència del que ho pot ser en zones menys denses i de menys trànsit, aquesta és una diferència que no variarà significativament al llarg dels anys, encara que no disposem de totes les variables que ho puguin mesurar.

En aquesta metodologia el contra factual es construeix a partir de l'evolució del grup control, projectant la mateixa tendència temporal experimentada per aquest grup des del punt en el que la política s'hauria iniciat. Per a que aquest supòsit sigui vàlid, els grups control i tractat haurien d'haver experimentat la mateixa evolució temporal prèvia al tractament. Així, no hi ha motius per pensar que sense la política aquesta mateixa circumstància no s'hagués seguit donant al llarg del temps. L'impacte de la política és, per tant, la diferència entre al valor de la variable objectiu del grup tractat i la que s'hauria donat sense la política, és a dir, la que pot estimar-se a partir de com evoluciona la tendència del grup control durant els anys en els que la política ha estat activa. La

Figura 1. Estratègia d'identificació causal de l'estimador en diferències

il·lustra el funcionament d'aquesta tècnica.

Figura 1. Estratègia d'identificació causal de l'estimador en diferències



Si validem que les tendències temporals dels dos grups no eren diferents, el que es coneix com el supòsit de tendències paral·leles, el mètode de dobles diferències reportarà l'impacte mitjà del tractament. Evidentment, aquest efecte mitjà pot compondre-se per efectes heterogenis per diferents grups o col·lectius. Aquesta heterogeneïtat es pot identificar replicant el model pels diferents subgrups – en base a característiques – entre els tractats, de forma que s'identifiqui per quins subgrups la política és més o menys efectiva.

La consideració del mètode de diferències en diferències hauria de prendre una orientació més macro, amb la consideració d'unitats de nivell més agregat, superior al nivell individual. És a dir, amb el mètode de diferències en diferències podem evitar haver d'obtenir informació de detall de tots els individus que tindrien una llicència de taxi, el que com hem dit podria dificultar molt el procés d'avaluació per la necessitat de recollir aquesta informació de detall. En aquest escenari en podria haver prou amb recollir el percentatge de la flota que té característiques de baixes emissions en un parell de períodes, o com veurem més endavant, el percentatge de la flota que s'estaria renovant cada any en les diferents zones considerades.

Amb aquesta informació per la flota de cadascuna de les zones, conjuntament amb la informació de la zona de protecció especial, pot permetre combinar una estratègia més viable des del punt de vista pràctic i més sòlida conceptualment. Així, l'avaluació es centraria en la diferència en els canvis que es produirien en les flotes dels diferents àmbits, essent l'àmbit de la zona d'especial protecció la zona de tractament des de la primera convocatòria de la política.

Noteu, però, que el mètode de diferències en diferències ha de satisfer alguns supòsits que poden ser controvertits i caldria contrastar-lo amb les dades. Com hem advertit, el primer element fonamental és la confirmació que les tendències prèvies al tractament eren paral·leles entre el grup tractat i el grup no tractat, és a dir, entre les zones de tractament i les que no ho són. Podria ser que no només els grups siguin diferents en característiques i en els valors inicials de la variable objectiu, sinó que també aquestes diferències podrien estar fent que les taxes de renovació anual de la flota siguin diferents, essent més intensa en el cas de la zona d'especial protecció de l'espai atmosfèric. Això sobrevaloraria l'impacte de la política, trobant que l'impacte és superior al real. Trobem que aquesta és una preocupació que té fonament i que caldria considerar-la molt seriosament.

En cas que aquest supòsit de tendències paral·leles no sigui satisfet, el que requereix d'informació prèvia al primer any de tractament, els resultats del diferències en diferències es trobarà infravalorat o sobrevalorat, depenent de quina fos la diferència ja prèvia en les taxes de canvi al llarg del temps durant el període previ a la política. Aquesta circumstància pot tenir solució, si d'entre tots els àmbits que poden compondre el grup de control hi ha algun subgrup que sí permet satisfer el supòsit de tendències paral·leles. Així, dintre del gran grup de controls que hi podrien haver a Catalunya, caldria identificar els que poden satisfer aquesta condició per tal de ser considerats en l'avaluació com a grup control, deixant al marge la resta de zones. Per exemple, si el grup de control en mitjana no satisfà el supòsit de tendències paral·leles, podria ser que considerant aïlladament el Camp de Tarragona, per característiques més similars, aquest satisfaci la condició que valida l'estratègia d'identificació del diferències en diferències.

Un segon supòsit que ha de satisfer el mètode de diferències en diferències és que no hi ha d'haver altres polítiques que promoguin l'adquisició de vehicles de baixes emissions en les zones considerades control, ja que estarien contaminant aquest grup. Per exemple, si en algunes zones, com en el cap de Tarragona, hi haguessin ajuts similars a la renovació de la flota, aquestes observacions no serien vàlides i incloure-les estarien esbiaixant els resultats,

tot afavorint una infravaloració dels efectes de la política fent més bons els controls del que realment serien. En alguns casos quan les polítiques tenen presència en més d'una zona, poden controlar-se els seus efectes per evitar la confusió estadística mitjançant variables concretes que les identifiquin i que s'inclourien com a regressors en l'especificació economètrica.

Un tercer supòsit que s'ha de satisfer és que si bé no hi han elements que facin evolucionar de forma diferent la renovació de flotes prèvies a l'inici de la política, no hi hauria d'haver tampoc cap altre factor durant l'etapa de post-tractament que estigués canviant de forma estructural la taxa a la que es renova el parc en la zona de tractament respecte de les zones de control. En aquest sentit, per exemple, caldria tenir en compte les mesures preses en l'entorn metropolità que podrien haver intensificat la renovació del parc al marge de la pròpia política. En aquest sentit, per exemple, mencionem els acords presos a l'any 2017 sobre restriccions del trànsit contaminant en l'àmbit metropolita de Barcelona. Aquest fet, conjuntament amb la no satisfacció del mètode de tendències paral·leles, fan que les diferències inobservables entre els dos grups no es mantinguin constants al llarg del temps.

El mètode de diferències en diferències pot combinar-se amb el mètode d'emparellament per tal de garantir que els grups control i tractament mantenen unes característiques observables similars. Per fer-ho, s'aplicaria al mètode d'emparellament per a determinar les unitats del grup control que són més similars a les unitats del grup tractat, per després aplicar l'estimador en diferències. Per exemple, aquestes característiques més similars en variables observables podrien determinar que el grup control es constitueixi per les zones més urbanes, amb major trànsit i amb flotes més similars a la de la zona de protecció especial, tot exclouent les observacions d'entorns poc urbans amb menor trànsit i amb flotes més diferents a les de la zona de protecció especial. Aquest exercici, però, no evita la necessitat d'avaluar el supòsit de tendències paral·leles, ja que aquestes es poden veure afectades per les diferències inobservables.

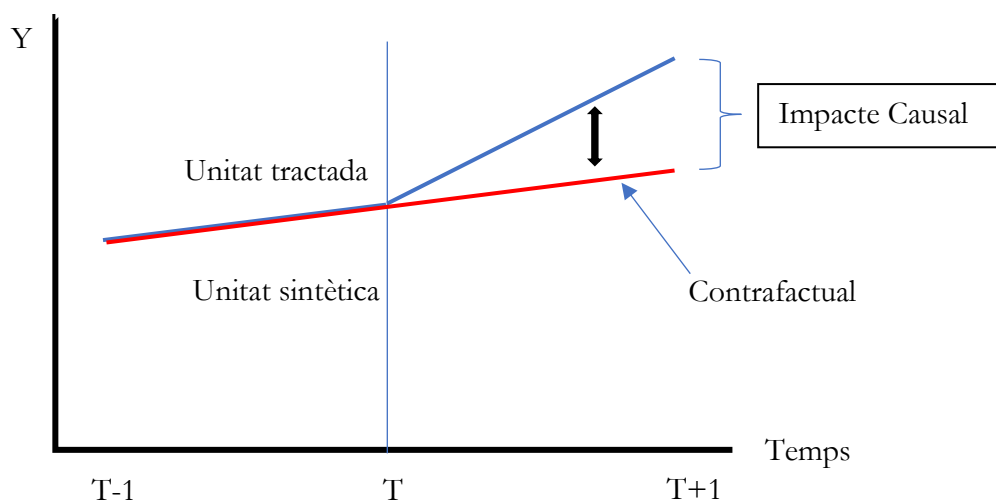
### 3.2.4 Mètode del control sintètic.

Un dels mètodes similars al mètode de diferències en diferències però que permet relaxar el supòsit de l'heterogeneïtat inobservable constant al llarg del temps és el mètode del control sintètic. Aquest és un mètode que només pot ser aplicat per a nivells agregats d'unitats, i per

tant la seva aproximació no podria basar-se en els detalls dels individus subjectes de la política sinó que seguiria una estratègia més semblant a la del diferències en diferències. Així, les unitats d'anàlisi serien les diferents zones o àmbits municipals o supramunicipals. Aquest mètode es coneix també com a comparació de casos d'estudi, perquè suposa una alternativa quasi-experimental en l'avaluació de polítiques que són aplicades només en una unitat agregada o en unes poques unitats. Així, la política és excepcional i habitualment això havia estat un inconvenient a l'hora d'aplicar altres metodologies quasi-experimentals que requereixen de varietat en el grup de tractament i en el grup de control.

Aquest mètode avalua l'efecte del tractament en la unitat tractada – zona de protecció especial - amb la diferència entre els valors obtinguts en la variable objectiu d'aquesta unitat tractada respecte d'una unitat sintètica (fictícia), que es construeix a partir de la informació de la resta d'unitats controls. És a dir, de nou, el grup de control no és directament el conjunt d'unitats no tractades, sinó que és a partir de les característiques i evolució de les mateixes que es construeix una nova unitat fictícia, que actuaria com a contrafactual. Aquesta unitat fictícia es construeix a partir de la predicció dels valors de la variable objectiu en la unitat tractada pels anys previs a la política en base a les característiques i els valors de la variable objectiu de les unitats controls. Aquest mètode considera i assigna diferents pesos als diferents controls en la seva predicció pel període previ a la intervenció, quedant-se amb l'assignació de pesos que minimitzen els errors en la predicció dels valors de la variable objectiu de la unitat tractada. Per tant, només seran considerats els controls que obtinguin en aquest procés d'optimització un pes superior a 0, i el sumatori dels mateixos no pot superar la unitat. La Figura 2 il·lustra l'estratègia d'identificació causal del mètode de control sintètic.

**Figura 2. Estratègia d'identificació causal de l'estimador en control sintètic**





El mètode de control sintètic s'avalua considerant la qualitat en la predicció dels valors de la variable objectiu previs al tractament. Si aquests es prediuen amb un bon ajust, no hi ha motius per pensar que sense la política aquest algoritme que s'ajusta bé a les dades passades no s'hagués ajustat amb la mateixa precisió en absència de la política. Per tant, les diferències en les trajectòries de la variable objectiu de la unitat real tractada i el seu contra factual (unitat sintètica) només s'explicarien per la política.

Aquest mètode també requereix que es compleixen algunes circumstàncies i treballa sota alguns supòsits teòrics. En primer lloc, en el grup control no pot considerar-se cap unitat que hagi rebut o vagi a rebre en algun moment del període considerat la mateixa política o alguna de similar, pel mateix motiu que això no podia considerar-se en el cas del diferències en diferències. Tampoc poden incorporar-se les unitats que s'entengui que poden estar rebent efectes indirectes o *spillovers*. En segon lloc, el nombre de períodes i el nombre d'unitats en el grup control poden tenir un fort impacte en la qualitat de l'estimació quan aquests siguin massa limitats. Per tant, es requereix informació per a un període de temps prou llarg previ a la política per a poder fer-ne l'avaluació mitjançant aquest mètode. Aquest element pot ser el repte més rellevant que aquesta estratègia pot tenir respecte de les anteriors, si les autoritats locals d'altres zones no mantenen un registre històric sobre les flotes.

### 3.2.5 Mètode de regressió en discontinuïtat

Aquest mètode es basa en l'explotació dels criteris d'elegibilitat per tal de construir el contra factual. Habitualment, les polítiques tenen un propòsit i per això no són aleatòries. Aquest fet, que suposa un inconvenient per a l'avaluació de les polítiques, permet també aprofitar els elements que s'utilitzen per a delimitar la població diana (elegibilitat) per tal d'estimar el contra factual. El mètode, per tant, aprofita precisament els criteris que produeixen un biaix de selecció, per tal d'estimar l'efecte no esbiaixat de la política en un àmbit local.

Moltes polítiques, com la que ens ocupa, estableixen criteris objectius i mesurables per a determinar l'elegibilitat. Algunes determinen uns ingressos màxims, una edat mínima o màxima, un determinada activitat mínima o màxima etc. Això fa que els individus o unitats que es troben situats per sobre o per sota d'aquests criteris puguin ser elegibles o no segons com es situen respecte del llindar, malgrat tenir valors similars (propers) en la variable que determina l'elegibilitat. Si pot suposar-se que els individus que es troben a prop del límit en

el criteri d'elegibilitat tenen característiques inobservable similars – les observables poden ser considerades mitjançant variables -, aleshores l'expectativa de canvi en la variable objectiu hauria de ser també similar. La diferència, per tant, podria ser explicada per la política i no per altres causes. Com més estreta sigui la banda o interval que parteix des del límit d'elegibilitat en les dues direccions de la variable que la determina, més acceptable hauria de ser aquest supòsit.

Una anàlisi dels criteris d'elegibilitat de la política que ens ocupa no ens permet identificar cap que pugui permetre explorar una estratègia empírica que satisfaci els requeriments estàndards de l'avaluació basada en les discontinuïtats.

### 3.3 Una proposta de disseny metodològic per a l'avaluació causal

#### 3.3.1 La pregunta d'avaluació i altres preguntes rellevants

La pregunta d'avaluació que proposem és el contrast de la següent hipòtesi empírica: Els municipis o agrupacions territorials que eren elegibles per a la política (zona de protecció especial) han experimentat un increment en la substitució de vehicles per vehicles de baixes emissions superior al que hagués succeït sense la política. Per tal d'estimar el contra factual, que ens estima el que hauria passat sense la política, el mètode de diferències en diferències considerarà la trajectòria mitjana experimentada per les unitats territorials controls com la tendència mitjana que hagués seguit el conjunt de les unitats territorials tractades per la política, en absència de la política i des del moment en el que aquesta política va ser implementada (primera convocatòria). Tant si la política és o no efectiva en termes mitjans, seria igualment desitjable preguntar-se si hi poden haver efectes heterogenis. Per exemple, contrastar una hipòtesi que suposi que els efectes de la política són més forts en el cas de determinats models de vehicles o en taxistes de determinades zones o municipis. Per altra banda, també creiem desitjable, en el cas que la política sigui efectiva, avaluar la temporalitat de l'efectivitat. Així, la hipòtesi a contrastar podria ser que la política té efectes immediats o té efectes amb un cert retard, segons quina sigui l'expectativa raonada de l'equip avaluador. També la tipologia del vehicle previ podria justificar el contrast d'una hipòtesi com per exemple que els taxistes propietaris de vehicles més antics i menys eficients la política tindria més efectivitat, ja que la rendibilitat de la inversió en el nou vehicle fa més viable que amb una subvenció als taxistes els surti a compte la substitució.

### 3.3.2 L'elecció del mètode d'avaluació

Tot i que considerem que totes les vies plantejades haurien de ser explorades, valorant les avantatges i inconvenients dels diferents mètodes experimentals i quasi-experimentals, considerem que el mètode sobre el que s'hauria d'iniciar l'avaluació causal de la política hauria de ser el mètode de diferències en diferències, per després, en cas que les comprovacions de robustesa així ho indiquin, calgui complementar-lo amb el mètode de control sintètic o de variables instrumentals. Aquesta recomanació es basa no només en la idoneïtat teòrica del mètode al context de la política, si no també en el que considerem que pot ser el mètode que pot minimitzar la complexitat en la recollida de dades necessàries i el temps dedicat a la mateixa.

### 3.3.2 Les unitats a considerar per conformar els grups de tractats i controls

Les unitats a considerar en aquesta avaluació haurien de ser agrupacions territorials, que podrien ser els municipis o les comarques, tenint en compte l'estructura i organització administrativa i territorial de Catalunya, així com les característiques de la zona de protecció especial de l'ambient atmosfèric. Tot i això, com comentarem, ens inclinàriem inicialment per l'àmbit municipal, ja que la competència en la regulació del servei de taxi és d'àmbit municipal. Tanmateix, les llicències de taxi a la zona de protecció especial, en particular a l'AMB, corresponen al servei conjunt de tota aquesta àrea, de forma que es fa difícil segmentar per municipi, excepte en els municipis que no pertanyen a l'AMB, com Sabadell o Terrassa, entre altres. Així, en el grup tractat hi haurien tots els municipis de fora de la zona de protecció especial, i en el grup control els municipis o agrupacions territorials pels quals s'hagin pogut obtenir les dades necessàries i que descriurem més endavant. Per tal de solucionar el problema de la no segmentació de llicències en l'àmbit metropolità, pot ser més adequat agrupar els municipis de la zona control en altres agrupacions territorials supramunicipals, fins i tot quan no hi ha estructures administratives de correspondència. Això pot fer-se mitjançant el tractament de les dades per part dels avaluadors. Alguns exemples podrien ser el Camp de Tarragona, el Gironès, i l'entorn de Manresa, on és fàcil identificar diversos municipis amb trànsit significatiu i un cert continu urbà. Una de les tasques més importants de l'equip que avaluï aquesta política serà la definició i delimitació dels grups a considerar.

### 3.3.3 La implementació del mètode i les seves variants.

El mètode de diferències en diferències, en la seva versió més senzilla, estima els efectes de la política seguint el següent model de regressió lineal considerant dos períodes de temps:

$$Y_{it} = \alpha + \partial_1 Tractat_i + \partial_2 Post_t + \partial_3 DiD_{it} + \varepsilon_{it}$$

On  $Y$  és la variable dependent a explicar, i que en el cas de la política podria ser el percentatge de la flota que té característiques de baixes emissions. Aquesta variable pren valors diferents segons la unitat ( $i$ ) i l'any ( $t$ ). La variable  $Tractat$  és una variable binària que pren valor 1 si es tracta d'un municipi que esdevindrà o ha esdevingut tractat, mentre que prendrà valor 0 en el cas contrari. La variable  $Post$  és una variable binària que en aquest cas prendrà valor 1 per l'últim any considerat, és a dir, quan la política ja ha estat implementada i pel darrer any que es vulgui valorar l'efecte mitjà post-tractament. Una possibilitat en el context d'aquesta política, podria ser considerar com a període previ a la política l'any 2014, ja que la primera convocatòria és de l'any 2015, i com a període posterior a la política l'any 2018. Noteu però que tal i com està dissenyada la política, hi ha adquisicions de vehicles de l'any 2014 que haurien rebut l'ajut en la convocatòria 2015. Per això podria considerar-se l'any 2013 com alternativa si es considera convenient.

A més, considerem que no seria una bona idea considerar l'any 2019 com a període post tractament, ja que a principis d'aquell any és quan va aprovar-se la nova normativa de l'IMET que obliga a que tot nou vehicle per al servei de taxi hagi de ser necessàriament de baixes emissions en l'àmbit de l'AMB. Considerar l'any 2019 podria estar confonent els efectes de la política i d'aquesta normativa. Fixeu-vos que el coeficient  $\delta_3$  és precisament l'estimador en diferències, que captura la diferència entre el percentatge de la flota efectivament observada en el grup de tractament i la que s'hauria donat seguint la trajectòria del grup control.

Amb aquesta metodologia s'estaria avaluant el canvi temporal mitjà 2014-2018 en el percentatge de la flota de baixes emissions del grup de tractament respecte del canvi temporal mitjà 2014-2018 experimentat pel grup control. En cas que el grup control experimenti un increment més marcat serà indicatiu de l'efectivitat de la política, sempre i quan es compleixin amb els supòsits i requeriments tècnics de l'estimador en diferències que ja hem mencionat en la subsecció anterior, com les tendències paral·leles prèvies en primer lloc.

Aquesta configuració del mètode de diferències en diferències és el més senzill i pot ometre variables rellevants que puguin explicar diferències significatives en l'evolució

temporal de les taxes de canvi diferencials entre ambdós grups. Una forma d'incorporar altres variables rellevants per a la determinació de l'evolució o canvi en la variable objectiu poden incorporar-se en valor 2014 i 2019. Tanmateix, podria ser més desitjable generalitzar i combinar aquest model de l'estimador en diferències amb els mètodes econòmics de dades de panell. La generalització del mètode en diferències en panell de dades és l'anomenat model de dos efectes fixes (Two-way fixed effects model), en el que es consideren els efectes fixes d'unitat i els efectes fixes temporals. En aquest mètode es prenen en consideració les dades de tot el període considerat, incloent en l'estimació les dades dels anys previs de la política, i l'avaluació s'estima a partir de l'estimador intragrups (within groups estimator). Així, el model de regressió en panell de dades prendria la següent especificació:

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \delta DiD_{it} + m_i + s_t + \varepsilon_{it}$$

On Y seria el percentatge de vehicles que s'haurien renovat en una unitat  $i$  en l'any  $t$ . L'especificació incorpora un vector de variables explicatives X que serien altres determinants anuals o fixes en el temps – tot i que haurien de variar en l'espai per no ser omès- d'aquesta renovació, i dos efectes fixes, un per a les diferents unitats ( $m$ ), i un altre per als diferents períodes de temps ( $s$ ). Així, el coeficient associat a la variable DiD estima l'efecte mitjà de la política.

Si de l'aplicació d'aquestes estratègies empíriques s'obté evidència que permet concloure que la política ha estat efectiva, és a dir, que el coeficient associat a la variable DiD és estadísticament significatiu i positiu, seria possible fer una estimació sobre els estalvis en emissions que aquest efecte podria haver assolit. Amb la informació sobre l'efecte mitjà en la renovació, i mitjançant diversos supòsits i simulacions similars als presentats en aquest informe en la seva segona secció, es podria quantificar l'impacte de la política en termes de l'objectiu final de la mateixa, que no és altre que la millora de la qualitat de l'aire, que necessàriament s'hauria d'aproximar per la via de les emissions estalviades.

### 3.3.4 Comprovacions i testos de robustesa.

A continuació indiquem les comprovacions i les proves de robustesa que caldria considerar en l'aplicació del mètode de diferències en diferències per tal de poder confiar en els seus resultats.

- 1) Prova de tendències paral·leles: Aquest test permet contrastar la hipòtesi que les tendències prèvies a la política en relació a la variable objectiu eren les mateixes entre

el grup tractat i el grup control escollit. El test hauria d'indicar que no es pot rebutjar la hipòtesi que les dues tendències eren paral·leles.

- 2) Prova *leads and lags*: Aquest test permet contrastar si hi ha hagut algun efecte d'anticipació de la política (*leads*) i quin és el timing dels efectes, si existeixen. El fet d'identificar l'anticipació d'efectes pot indicar un problema d'endogeneïtat, però també podria voler dir que la política començaria a tenir efectes fins i tot abans de la seva implementació per la via d'anticipar decisions davant del coneixement per part dels elegibles de la futura política. Els retards (*lags*) ens indicarien quina és la dinàmica temporal dels efectes, tot considerant els efectes anualment, de forma que es pugui identificar si l'efecte és immediat o si existeix amb cert retard temporal.
- 3) Prova Placebo de període (Falsificació): Aquest test és una altra alternativa per comprovar que no hi ha efectes d'anticipació o problemes d'endogeneïtat, tot replicant l'estimació com si el tractament s'hagués dut a terme amb anterioritat al tractament real. Els resultats haurien d'indicar que la política no és efectiva.
- 4) Prova Placebo d'unitats tractades (Falsificació): Amb aquest test permet avaluar l'existència d'altres problemes d'efectes indirectes (*spillovers*) sobre altres col·lectius no tractats per la via de replicar el model tractant individus o subgrups específics del grup de controls com si fossin membres del grup tractat. Els resultats haurien d'indicar que la política no és efectiva, ja que en la realitat les unitats considerades com a tractades no han estat tractades.
- 5) Prova d'unitats de control: Aquest test serveix per avaluar la consistència dels resultats tot modificant el grup control. Si el grup control no rep cap impacte de la política, no hi hauria d'haver canvis significatius en els resultats de l'avaluació. Si hi ha canvis en els resultats en funció del grup de control que s'escull, és una indicació de problemes estructurals en la composició dels grups.

### 3.4 Dades

A continuació presentem una proposta de les dades que podrien permetre implementar aquestes estratègies empíriques basades en el mètode de diferències en diferències. Aquest

conjunt de variables és susceptible de ser ampliat, tot i que considerem que suposen un mínim que ja permetria assolir resultats raonables i que, per altra banda, no requereixen d'un gran esforç o complexitat de recollida i tractament de dades, més enllà de l'estrictament necessari, tenint en compte que algunes (les variables dependents) caldria sol·licitar-les a multitud d'unitats administratives dels diferents municipis que es vulguin considerar com a grups control, a més de l'institut metropolità del taxi.

1. Variables dependents:

a. Diferències en Diferències simple:

- i. El percentatge de la flota de taxis que era de baixes emissions en els anys 2014 i 2018, per cada unitat (municipi o altra agrupació supra-municipal) considerada.
- ii. Per tal de poder determinar i contrastar la hipòtesi de tendències paral·leles caldria la mateixa informació per alguns anys previs al 2014.

b. Model de dos efectes fixes en panell de dades:

- i. El percentatge anual de renovacions de vehicles amb l'adquisició de vehicles de baixes emissions pel període més llarg possible, amb un període suficientment llarg previ a la política (previ al 2015) per tal d'avaluar el supòsit de les tendències paral·leles, i/o
- ii. El percentatge de la flota anual que correspon a vehicles de baixes emissions pel mateix període de temps, el més llarg possible, incloent un període suficientment llarg previ al primer any de tractament per tal d'avaluar el supòsit de les tendències paral·leles.

2. Variables explicatives: Aquestes variables explicatives poden fer-se servir tant en l'estratègia de diferències en diferències simple com en el model generalitzat de panell de dades amb dos efectes fixes. En el primer cas les variables haurien de prendre els valors dels únics dos períodes que es consideren (2014 i 2018), mentre que en el cas del segon cas seria necessari obtenir la informació per tots els anys del període considerat. Entre aquestes variables distingim les variables que poden ser determinants de la renovació de vehicles per vehicles de baixes emissions, i que la seva omissió podria confondre els efectes afectant els coeficients de la variable DiD, i altres variables de control. Hem escollit variables que poden ser accessibles pels avaluadors sense que s'hagin de demanar als municipis. Així, aquests poden centrar-

se en les úniques informacions sol·licitades, sempre relacionades amb la flota de taxis associades a les llicències.

- a. Variables determinants de la renovació de vehicles:
  - i. Tipologia d'entorn de conducció: caldrien variables que permetessin capturar el tipus de conducció habitual en cadascuna distingint entre àmbits de conducció, per exemple identificant les conduccions eminentment urbanes en entorns d'alta intensitat de trànsit en les que la tecnologia híbrida i elèctrica pot ser més favorable. Variables com la densitat de població i/o la motorització (vehicles a motor per 1.000 habitants) dels municipis o agrupacions supramunicipals que es facin, podrien ser variables fàcils de construir a partir de dades de fàcil accés (Població, superfície, número de nuclis o entitats singulars, i parc de vehicles a motor).
  - ii. Carburants: La disponibilitat i preu dels carburants podria ser també un factor determinant de la renovació de vehicles. Per exemple, això podria controlar-se amb la introducció del Preu mitjà del dièsel en la zona considerada i any, que suposa la principal alternativa als models híbrids i elèctrics per al servei de taxi. Aquestes dades poden obtenir-se del Ministeri d'indústria tot i que la complexitat en la gestió de les dades és força superior a les proposades anteriorment, ja que la informació s'aporta a nivell de gasolinera. Zones en les que el preu del carburant sigui més elevat poden tenir més incentius a renovar els vehicles i adquirir-se de baixes emissions. En el model de panell de dades, l'evolució del preu del dièsel al llarg del temps també podria explicar part de l'increment de les adquisicions de vehicles de baixes emissions.
  
- b. Altres variables de control: A més de les variables que determinen el canvi de model de vehicle, hi ha altres variables que també hi podrien tenir alguna associació i que permeten caracteritzar el municipi. Entre aquestes considerem de probable interès la incorporació de les següents variables:
  - i. Renda personal mitjana del municipi (Idescat)
  - ii. Estructura d'edat del municipi (Idescat)



Finalment, cal destacar que en cas de necessitar implementar el model del control sintètic enlloc o addicionalment al mètode de les dobles diferències, aquest es podria implementar fent ús de les mateixes variables que aquí hem proposat, a més de variables de retard en la variable endògena, com és habitual fer en aquests models.

### 3.5 Calendari proposat per a l'avaluació

En aquesta subsecció proposarem un calendari per a l'execució d'una avaluació com la proposada en els apartats anteriors. En conjunt, la durada total que estimem que seria necessària és de 6 mesos. En aquest temps, hi ha diverses tasques que s'estructuren temporalment d'acord amb com es presenten en el cronograma de la Taula 13.

En primer lloc, l'equip avaluador necessitarà un primer mes per tal de dissenyar i fer-se seva l'estratègia empírica per a l'avaluació causal de la política. Haurà de revisar els tres informes fets en el marc d'aquest assessorament tècnic i reflexionar sobre la proposta metodològica aquí proposada. Tant si segueix els passos proposats com si no ho fa, és important no sol·licitar informació fins que no es tingui ben dissenyada l'estratègia a seguir, però quan s'hagi decidit, és important sol·licitar-la quan abans millor.

En segon lloc, les tasques que suposaran una major complexitat serien les que impliquen sol·licitar dades i informacions específiques als ajuntaments i a l'Institut Metropolità del Taxi, i un cop rebudes, tractar-les de la forma més convenient per tal d'aplicar l'estratègia que s'hagi definit. Noteu que considerem que aquestes dues tasques són les més incertes en termes de temps, ja que és difícil anticipar totes les circumstàncies que es poden donar. És probable que hi hagi una forta varietat de respostes, des de municipis que poden respondre de forma ràpida i correcta, i altres que tinguin més dificultats per aportar la informació. Una forma de promoure un tractament adequat i seriós d'aquesta sol·licitud d'informació podria ser que fos sol·licitada per la pròpia Generalitat. De fet, considerem que aquestes tasques seran les dues a les que creiem que l'equip d'avaluadors hi hauria de dedicar més temps. Un cop sol·licitades les dades, i mentre no es comencen a rebre, l'equip pot dedicar-se a obtenir la resta de dades necessàries que no provenen dels ajuntaments, sinó d'altres fonts públiques accessibles (Mes 2). Assumint que ha estat possible recopilar tota la informació necessària i que aquesta ha pogut ser tractada, els treballs d'exploració empírica

podrien iniciar-se al cinquè mes. Amb un mes seria perfectament possible obtenir ja els resultats, també de les proves i contrastos de robustesa. Així, podria dedicar-se el darrer mes dels sis que proposem, a l'elaboració de l'informe.

**Taula 13. Cronograma**

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Tasca						
Disseny de l'avaluació	■					
Sol·licitud de dades	■	■				
Recopilació de dades		■	■			
Tractament de les dades			■	■		
Explotació empírica - Econometria					■	
Elaboració de l'informe final						■

## 4. Referències

Agència Europea del Medi Ambient (2019). Air pollutant emission inventory guidebook 2019. *Luxembourg: Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-9480-098. doi: 10.2800/293657*

Direcció de Qualitat Ambiental (2013). Guia de càlcul d'emissions de contaminants a l'atmosfera 2013. Generalitat de Catalunya. [Guia FE 2013 \(gencat.cat\)](#)

Oficina Catalana del Canvi Climàtic (2019). Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle(GEH). A:[en línia].

van Essen, H., van Wijngaarden, L., Schrotten, A., Sutter, D., Bieler, C., Maffii, S., ... & El Beyrouty, K. (2019). *Handbook on the External Costs of Transport, Version 2019* (No. 18.4 K83. 131).

**Agraïments:** L'equip investigador vol agrair l'ajut que ha rebut durant el desenvolupament d'aquest assessorament per part de Esteve Aguilar, Jose Cornide, Mònica Cuen, Anna Enjuanes, Maria José Del Blanco, Rosa Maria Díaz, Miquel Àngel Escobar, Dolores Galian, Isabel Hernández, Florenci Hernández, Lluís Morer, Albert Morera, Maria José Sarrias i Miquel Vallmitjana.