



Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Anàlisi cost-benefici d'una proposta de peatge urbà a l'àmbit de la ciutat de Barcelona

Treball realitzat per:

Jaume Reixach Escutia

Dirigit per:

Àlvar Garola Crespo

Màster en:

Enginyeria de Camins, Canals i Ports

Barcelona, Juny 2017

Departament d'Infraestructura del Transport i del
Territori

TREBALL FINAL DE MÀSTER



RESUM

El creixement progressiu del transport privat observat durant les últimes dues dècades en entorns urbans arreu del món ha propiciat l'aparició de greus problemes (pèrdua de temps de viatge, contaminació ambiental, soroll, etcètera) associats a la congestió de la xarxa urbana. Com a conseqüència, cada cop més administracions públiques municipals han implementat mesures enfocades a reduir el nombre de desplaçaments en transport privat com, per exemple, els peatges urbans.

Aquest treball pretén analitzar l'impacte social que suposaria la implementació d'un peatge urbà a l'àmbit de Barcelona, establint futures línies de treball que permetin ampliar els resultats obtinguts en el present treball.

Les primeres fases d'aquest treball es centren en analitzar els diferents aspectes dels peatges urbans actuals amb l'objectiu d'entendre com afecten cadascun d'aquests aspectes a l'impacte generat pel propi peatge.

Tot seguit s'ha estudiat la mobilitat, xarxa viària i congestió a l'àmbit de Barcelona que, juntament amb les bones pràctiques observades en relació als aspectes dels peatges urbans, han permès la concepció de diverses alternatives d'un model de peatge urbà.

Un cop definit el model de peatge urbà d'acord al rendiment i benefici social relacionats amb les diferents alternatives proposades, s'ha estimat l'impacte en mobilitat generat arrel de la implementació del peatge urbà.

A continuació, conforme al procediment d'ACB definit, s'han estimat els costos i beneficis social percebuts per la societat arrel de les afectacions derivades del peatge urbà. Finalment, per tal de garantir la validesa dels resultats, s'ha analitzat les incerteses i debilitats del procediment seguit, definint futures línies de treball que permetin corregir aquests defectes ampliant els resultats obtinguts.

ABSTRACT

The progressive growth of urban private vehicle transport observed during the last two decades has led the appearance of significant problems (increase of traveling time, pollution, noise, etcetera) related to the congestion of the urban roads. As a consequence, more and more public municipal administrations have implemented measures focused on reducing the number of users of private vehicles as, for example, congestion charges.

This project aims to analyse the social impact associated to the implementation of a congestion charge in the Barcelona area, defining future research lines that will allow extending and improving the results obtained in this project.

The first steps of this project focus on analysing the different aspects of existing congestion charges to understand how these aspects affect to the impact generated by the congestion charge.

Afterwards, the project studied the mobility, congestion and road network in the area of Barcelona which, altogether with the best practices observed concerning the aspects of existing congestion charges, has enabled the design of several alternative models of a congestion charge.

Having defined the model of congestion charge according to the performance and social benefits associated with the different proposed alternatives, the impact on mobility generated by the implementation of the congestion charge has been estimated.

Next, according to the defined CBA methodology, the costs and benefits perceived by the society connected to the effects arising from the implementation of the Congestion Charge have been estimated. Finally, to ensure the validity these results, weaknesses and uncertainties of the followed procedure have been analysed, which has allowed defining future research lines in order to correct these defects extending the results.

AGRAÏMENTS

Amb l'elaboració d'aquest treball finalitza una etapa que, sens dubte, recordaré amb nostàlgia durant els anys vinents. Aprofitant que s'apropa la conclusió d'aquesta etapa m'agradaria agrair a aquelles persones que han contribuït de forma decisiva a la consecució d'aquesta fita.

En primer lloc m'agradaria agrair al meu tutor Àlvar Garola la seva completa disponibilitat, predisposició a ajudar-me així com el temps dedicat i consells atorgats. Sense la seva ajuda aquest treball no s'hagués materialitzat.

També m'agradaria agrair als meus pares, Josep i Lourdes, i al meu germà, Guillem, el suport i estima proporcionats durant aquest llarg viatge ple d'alegries, però també de moments complexos.

Així mateix, no m'agradaria oblidar-me de tots aquells amics amb qui he compartit alguna part d'aquest trajecte, gràcies per ensenyar-me que la felicitat a la vida no resideix a l'objectiu final sinó a cadascuna de les passes realitzades per assolir-lo.

Finalment, m'agradaria agrair a la Victoria totes les lliçons que m'ha donat amb la seva actitud i visió davant la vida, gràcies per haver-me permès créixer i millorar com a persona cada dia que he passat al teu costat.

Índex

1 Introducció 1

1.1 Antecedents i objectius 1

1.2 Metodologia 2

1.3 Glossari 3

2 Els peatges urbans 5

2.1 Introducció 5

2.1.1 La teoria darrera els peatges urbans 5

2.1.2 Els peatges urbans. El seu naixement, evolució i context actual. 6

2.2 Comparativa dels elements conformadors dels peatges urbans existents 13

2.2.1 Tipologia de peatge 13

2.2.2 Àrea restringida 14

2.2.3 Horari d'aplicació 16

2.2.4 Tipologia i import de la tarifa del peatge 17

2.2.5 Vehicles subjectes al pagament del peatge i excepcions 22

2.2.6 Tecnologia emprada 24

2.3 Costes associats als peatges urbans analitzats i estimació del costs d'un peatge urbà 26

2.3.1 Resum de costos d'implementació i operació associats als peatges existents 26

2.3.2 Estimació dels costos d'un peatge urbà 27

2.4 Elasticitat de la demanda del transport privat dels peatges analitzats 36

2.4.1 Londres 36

2.4.2 Estocolm 38

2.4.3 Göteborg 39

2.4.4 Trondheim 40

2.4.5 Singapur 40

2.4.6 Resum dels casos analitzats i estimació de la elasticitats del model de peatge urbà de Barcelona proposat 42

3 Àmbit del peatge urbà 45

3.1 Xarxa viària de Barcelona 47

3.2 Anàlisis de la mobilitat de la ciutat de Barcelona i el seu entorn 50

3.2.1 Àmbit d'estudi de l'ATM – Àmbit del Sistema Tarifari Integrat 50

3.2.2 La mobilitat a Barcelona 51

3.2.3 La congestió associada a la mobilitat de la ciutat de Barcelona 53

4 Anàlisis d'alternatives i definició del peatge urbà proposat 60

4.1 Horari i dies d'operació del peatge 60

4.2 Vehicles subjectes al pagament del peatge urbà 63

4.3 Descripció i anàlisi de les alternatives 64

4.3.1 Tipologia de peatge i vies afectades pel peatge. Descripció conceptual de les alternatives 64

4.3.2 Descripció de les alternatives 68

4.3.3 Comparativa de les alternatives considerades 77

4.4 Tipologia de tarifa 89

4.5 Import de la tarifa 90

4.6 Model de peatge urbà proposat 93

5 Impacte del peatge sobre la mobilitat de Barcelona 94

5.1 Impacte teòric de l'evolució del peatge urbà sobre la mobilitat de l'àrea afectada 96

5.2 Evolució esperada de la mobilitat de l'àmbit del peatge urbà 96

5.3 Càlcul de l'impacte del peatge urbà sobre el volum de desplaçaments en cotxe 100

5.3.1 Nombre de desplaçaments en cotxe abans de la introducció del peatge urbà (N_0) 100

5.3.2 Estimació de la elasticitat (ϵ) 101

5.3.3 Estimació del cost mitjà per trajecte original (P_0) 101

5.3.4 Estimació de la disminució del nombre de desplaçaments (ΔN) 109

5.4 Canvi modal dels viatgers que renuncien a realitzar els seus desplaçaments en cotxe 114

5.4.1 Determinació del percentatge d'usuaris que renuncien al desplaçament 115

5.4.2 Comportament dels usuaris que realitzen canvi modal 117

5.5 Determinació de les noves velocitats i temps de viatge dels modes de transport afectats pel peatge 119

5.5.1 Evolució de la velocitat mitjana de circulació a les diferents vies de la ciutat 119

5.5.2 Evolució del temps de viatge mitjà a les diferents vies de la ciutat 121

5.5.3 Determinació del temps de viatge mitjà dels usuaris que realitzen canvi modal 122

6 Anàlisis socioeconòmic de l'impacte estimat del model de peatge urbà 124

- 6.1 *Indicadors per a la interpretació dels resultats de l'ACB* 124
- 6.2 *Descripció dels diferents factors i hipòtesis definidors de l'ACB* 126
 - 6.2.1 Duració del període d'avaluació 126
 - 6.2.2 Taxa social de descompte 127
 - 6.2.3 Consideració dels impostos dins de l'ACB 127
- 6.3 *Costs percebuts per entitats públiques* 128
 - 6.3.1 Costos del sistema del peatge urbà 128
 - 6.3.2 Cost de subsidi als usuaris de transport públic induïts pel peatge urbà 131
- 6.4 *Costs percebuts pels usuaris* 132
 - 6.4.1 Cost del temps de desplaçament 132
 - 6.4.2 Cost dels accidents produïts a la xarxa viària 137
 - 6.4.3 Cost de funcionament dels vehicles 140
- 6.5 *Externalitats* 143
 - 6.5.1 Cost de canvi climàtic 143
 - 6.5.2 Cost d'impacte ambiental 145
 - 6.5.3 Impacte acústic 146
- 6.6 *Costs no considerats* 147

7 Agrupació i discussió de resultats 149

- 7.1 *Anàlisi dels resultats obtinguts en les diferents versions de del model proposat* 149
 - 7.1.1 Tarifa 1 € 149
 - 7.1.2 Tarifa 1,75 € 151
 - 7.1.3 Tarifa 2,5 € 156
- 7.2 *Anàlisis comparatiu dels rendiment de les diferents versions de del model proposat* 159
- 7.3 *Anàlisi de la validesa dels resultats obtinguts* 163
- 7.4 *Futures línies d'estudi* 165

8 Conclusions 167

9 Bibliografia i altres fonts de consulta 169

- 9.1 *Capítol 1* 169
 - 9.1.1 Fonts bibliogràfiques 169
- 9.2 *Capítol 2* 169
 - 9.2.1 Fonts bibliogràfiques 169
 - 9.2.2 Pàgines web i altres fonts de consulta 171
- 9.3 *Capítol 3* 172

9.3.1 Fonts bibliogràfiques 172

9.3.2 Pàgines web i altres fonts de consulta 172

9.4 Capítol 4 173

9.4.1 Fonts bibliogràfiques 173

9.4.2 Pàgines web i altres fonts de consulta 174

9.5 Capítol 5 174

9.5.1 Fonts bibliogràfiques 174

9.5.2 Pàgines web i altres fonts de consulta 175

9.6 Capítol 6 176

9.6.1 Fonts bibliogràfiques 176

9.6.2 Pàgines web i altres fonts de consulta 176

9.7 Capítol 7 177

9.7.1 Fonts bibliogràfiques 177

9.7.2 Pàgines web i altres fonts de consulta 177

ANNEX I. Anàlisis de les característiques dels peatges urbans existents

ANNEX II. Anàlisis de la mobilitat de la ciutat de Barcelona i el seu entorn

**ANNEX III. Ubicació dels punts del control de l'alternativa seleccionada
(Alternativa 3)**

**ANNEX IV. Desglossament de costos i beneficis generats pel model
proposat de peatge urbà**

Índex de taules

Taula 2-1: Taula on es mostren els avantatges i inconvenients de cada tecnologia. Font: Elaboració pròpia a partir d'informació de Commin, H., 2009 i Van Amelsfort, 2015.....	9
Taula 2-2: Informació relacionada amb cada peatge urbà existent (país, ciutat, any d'introducció del peatge) així com el número identificador emprat a la Figura 2-2 corresponent a cada peatge. Font: Elaboració pròpia. Nota: (1) Aquells cassos en els quals es mostra diversos anys d'introducció del peatge corresponen a aquelles ciutats en les que s'han introduït diversos models de peatge urbà.	10
Taula 2-3: Tipologia de peatge de cadascun dels peatges urbans analitzats. Font: elaboració pròpia.....	14
Taula 2-4: Paràmetres relacionats amb l'àrea restringida de cadascun dels peatges urbans analitzats. Font: Elaboració pròpia. Nota: 1 = Aquesta superfície correspon a la del municipi de Durham, molt major que la del nucli urbà de Durham. 2 = Superfície corresponent al "Greater London".	16
Taula 2-5: Horari i dies d'operació dels diferents peatges urbans analitzats. Font: elaboració pròpia.....	17
Taula 2-6: Tipologia de tarifa, factors de variabilitat de la tarifa (en cas de correspondre a una tarifa variable) i import de la tarifa dels diferents peatges urbans analitzats. Font: elaboració pròpia.....	22
Taula 2-7: Vehicles subjectes al pagament del peatge (✓) i excepcions (✗) de cadascun dels peatges urbans analitzats. Font: elaboració pròpia.	24
Taula 2-8: Tecnologia emprada per cadascun dels peatges urbans analitzats. Font: Elaboració pròpia.	25
Taula 2-9: Cost d'implementació i cost d'operació (tant en cost absolut com en % respecte els ingressos generats pel peatge) de diferents peatges analitzats juntament amb el nombre de portals/emplaçaments i passades diàries de cadascun d'aquests peatges. Font: Elaboració pròpia.	27
Taula 2-10: Cost per transacció i cost per passada dels peatges urbans analitzats. Nota (1) = Dades de relació entre nombre de passades i transaccions no disponibles. No obstant, al tractar-se de peatge amb un	

nombre reduït d'excepcions s'ha considerant que el nombre de transaccions equival al nombre de passades. Font: Elaboració pròpia.	31
Taula 2-11: Cost per passada i cost per transacció de diferents peatges agrupats per tecnologia juntament amb el cost mitjà per a cada tecnologia emprada. Font: Elaboració pròpia.	31
Taula 2-12: Cost per passada i cost per transacció de diferents peatges analitzats agrupats per tipologia de peatge juntament amb el cost mitjà d'operació de cada tipologia. Font: Elaboració pròpia.	33
Taula 2-13: Càlcul de la elasticitat de la demanda de transport privat en diferents anys d'operació del peatge urbà d'Estocolm. Font: Börjesson et al (2012).	39
Taula 2-14: Font: Durakovic, E., Swahn, L. E. (2014). Nota: (1) = Dades de trànsit recol·lectades per l'Administració de carreteres sueca. (2) = Tarifa mitjana entre les diferents tarifes observades als diferents punts de control. (3) = Costos mitjans associats al Volvo V70, assumit com a una bona aproximació del cotxe mig a Suècia.	40
Taula 2-15: Elasticitats per a diferents tipologies de vehicles segons àrea durant la punta del matí. Font: Olszewski, P.S. & Xie, L. (2005).	41
Taula 2-16: Elasticitat segons franja horària i tipologia de vehicle (cotxe /altres vehicles). Font: Olszewski, P.S. & Xie, L. (2005).	41
Taula 2-17: Elasticitats observades en els peatges urbans analitzats i condicions de càlcul. Nota = (1) : Conversió realitzada a partir del canvi de GBP a Euro del 18 de Març de 2016 (1 GBP = 1,28 euros). (2) : Conversió realitzada a partir del canvi de SEK a Euro del 19 de Març de 2016 (1 SEK = 0,10783 euros). (3) : Valor corresponent a la màxima tarifa diària. (4) : Canvi de divisa del 15/4/2016 a les 15/4/2016 9:18:43 equivalent a 1 € = 0,10785 NOK. Tarifa corresponent a la tarifa mitjana. (5) : Canvi utilitzat a 1 S\$ = 0,65 €. (6) : Tarifa en moment d'estimació del càlcul de l'elasticitat. (7) : En el càlcul d'aquestes elasticitats no es considera el cost total del viatge.	42
Taula 2-18: Elasticitats observades als diferents peatges urbans analitzats. Nota: Aquestes elasticitats només consideren els vehicles afectats pel peatge. Font: Elaboració pròpia.	43
Taula 3-1: Desplaçaments interns i de connexió realitzats en els diferents modes de transport privat, expressats en persones i vehicles. Font: Elaboració pròpia.	52

Taula 3-2: Ocupació vehicular dels diferents modes de transport privat en desplaçaments interns i de connexió. Font: Elaboració pròpia.....	52
Taula 3-3: Temps mitjà de desplaçament per a modes de transport no mecanitzats i transport públic en desplaçaments interns i de connexió. Font: Elaboració pròpia.	52
Taula 3-4: Temps mitjà de desplaçament per a cotxe i moto en desplaçaments interns i de connexió. Font: Elaboració pròpia.....	53
Taula 4-1: Nombre de desplaçaments en transport privat realitzats a Barcelona en cada franja, en milers i en percentatge respecte el total de desplaçaments. Font: Realització pròpia.....	62
Taula 4-2: Percentatge de desplaçaments en vehicle privat realitzats en cotxe, motocicleta i furgoneta/camió. Font: Elaboració pròpia.....	64
Taula 4-3: Avantatges i inconvenients de les diferents alternatives considerades. Font: Elaboració pròpia.	68
Taula 4-4: Antiguitat del parc de vehicles censats a Barcelona. Font: Ajuntament de Barcelona (2016).....	70
Taula 4-5: Nombre de carrils de punts de control d'accés vehiculars necessaris a cadascuna de les principals vies d'accés a la ciutat de Barcelona. Font: Elaboració pròpia.	72
Taula 4-6: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 1. Font: Elaboració pròpia.....	72
Taula 4-7: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 2. Font: Elaboració pròpia.....	74
Taula 4-8: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 3. Font: Elaboració pròpia.....	74
Taula 4-9: Característiques del peatge urbà de Londres i de l'Alternativa 4. Nota (1) = S'ha descomptat de la superfície total de Barcelona l'àrea corresponent a Collserola i Montjuïc. Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Ajuntament de Barcelona (2016b) i Di, P. (2013).....	75
Taula 4-10: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 4. Font: Elaboració pròpia.....	75
Taula 4-11: Característiques del peatge urbà de Londres i de l'Alternativa 5. Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Ajuntament de Barcelona (2016b) i Di, P. (2013).	76

Taula 4-12: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 5. Font: Elaboració pròpia.....	76
Taula 4-13: Proporció entre vehicles totals i vehicles subjectes al pagament del peatge per cadascuna de les alternatives.	83
Taula 4-14: Cost per transacció de les diferents alternatives per a tecnologia ANPR per a diferents tarifes del peatge. Font: Elaboració pròpia.	85
Taula 4-15: Cost per transacció de les diferents alternatives per a tecnologia ANPR per a diferents tarifes del peatge. Font: Elaboració pròpia.	86
Taula 4-16: Tarifa dels diferents peatges normalitzats i tarifa normalitzada en base a la diferència de renda per càpita de les ciutats que alberguen els peatges urbans analitzats i Barcelona. Nota (1) = PIB per càpita obtingut de Berube, A., Leal, J., Parilla, J. & Ran, T. (2015). Font: Elaboració pròpia.	91
Taula 4-17: Elements conformadors i característiques de l'alternativa escollida. Nota (1) = Nombre de desplaçaments afectats considerant el 94,4% de la mobilitat afectada pel peatge urbà. Font: Elaboració pròpia.	93
Taula 5-1: IMD a les diferents vies de la ciutat de Barcelona (Vies principals, Accessos i Rondes) durant el període 2005-2015. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de Regidoria de Mobilitat, Ajuntament de Barcelona (2016). ..	97
Taula 5-2: IMD (desplaçaments vehiculars) a les diferents vies de la ciutat de Barcelona i el seu entorn. Nota = L'abreviació IN indica desplaçaments interns mentre que l'abreviació CON indica desplaçaments de connexió. Font: Elaboració pròpia.	99
Taula 5-3: Nombre de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe afectats pel peatge urbà als accessos i a les rondes de la ciutat. Font: Elaboració pròpia.	101
Taula 5-4: Evolució de l'índex de variació del deflector del PIB d'Espanya respecte l'any base (2010). Font: Elaboració pròpia a partir de dades de The World Bank Group (2016).....	102
Taula 5-5: Cost de funcionament viari de turismes i vehicles pesants en €/(veh·100km) actualitzats a any 2015. Font: Elaboració pròpia.....	102
Taula 5-6: Conversió del consum de combustible als costos unitaris de consum de combustible. Nota = S'ha considerat preus de combustible amb impostos inclosos. Font: Elaboració pròpia.	104
Taula 5-7: Cost de funcionament viari de turismes i vehicles pesants en €/(veh·100km) actualitzats a any 2015. Font: Elaboració pròpia.....	105

Taula 5-8: Temps mitjà de desplaçaments per a desplaçaments interns, de connexió i pel tram dels desplaçaments de connexió realitzat als accessos. Font: Elaboració pròpia.	105
Taula 5-9: Mobilitat observada a la ciutat (rondes + xarxa bàsica i local), a les rondes i a la xarxa bàsica i local. Mobilitat total associada a desplaçaments en cotxe. Font: Elaboració pròpia.....	106
Taula 5-10: Mobilitat estimada a la ciutat (rondes + xarxa bàsica i local), a les rondes i a la xarxa bàsica i local per desplaçaments realitzats en cotxe. Font: Elaboració pròpia.	106
Taula 5-11: Desplaçaments vehiculars interns, de connexió i a les rondes. Font: Elaboració pròpia.	107
Taula 5-12: Velocitat mitjana i IMD de les diferents vies d'accés a Barcelona. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de RACC (2016).	108
Taula 5-13: Cost total per desplaçament de connexió mitjà considerant el cost del gasoil amb impostos. Font: Elaboració pròpia.	109
Taula 5-14: Desplaçaments en transport privat i en cotxe abans de la introducció del peatge (PRE-PEATGE), reducció de desplaçaments en transport privat i en cotxe generada pel peatge urbà amb tarifa d'1 € (EFECTE PEATGE) i desplaçaments en transport privat i en cotxe un cop implantat el peatge urbà (POST-PEATGE) als accessos, rondes i xarxa bàsica i local. Font: Elaboració pròpia.	111
Taula 5-15: Desplaçaments en transport privat i en cotxe abans de la introducció del peatge (PRE-PEATGE), reducció de desplaçaments en transport privat i en cotxe generada pel peatge urbà amb tarifa d'1,75 € (EFECTE PEATGE) i desplaçaments en transport privat i en cotxe un cop implantat el peatge urbà (POST-PEATGE) als accessos, rondes i xarxa bàsica i local. Font: Elaboració pròpia.....	112
Taula 5-16: Desplaçaments en transport privat i en cotxe abans de la introducció del peatge (PRE-PEATGE), reducció de desplaçaments en transport privat i en cotxe generada pel peatge urbà amb tarifa d'2,5 € (EFECTE PEATGE) i desplaçaments en transport privat i en cotxe un cop implantat el peatge urbà (POST-PEATGE) als accessos, rondes i xarxa bàsica i local. Font: Elaboració pròpia.....	113
Taula 5-17: Comportament dels usuaris que renuncien a desplaçar-se en cotxe com a conseqüència de la introducció d'un peatge urbà. Font: Elaboració pròpia.	117

Taula 5-18: Percentatge de desplaçaments interns i de connexió realitzats en transport públic i modes de transport no mecanitzats. Font: Elaboració pròpia.	118
Taula 5-19: Variació de la IMD i de la velocitat comercial de l'autobús arrel del peatge urbà de les ciutats de Milà i Londres. Font: Elaboració pròpia.	121
Taula 5-20: Temps mitjà de desplaçament en desplaçaments interns i de connexió per modes de transport no mecanitzats i transport públic. Font: Elaboració pròpia.	122
Taula 6-1: Coeficients de conversió entre preus de mercat i preus ombra. Font: Ahetze, S., Gragera, A. & Saurí, S. (2015).....	129
Taula 6-2: Coeficients de preu ombra a utilitzar en els costos dels diferents elements que conformen el peatge urbà. Font: Elaboració pròpia.	129
Taula 6-3: Cost dels diferents components que conformen un sistema de peatge urbà amb tecnologia DSRC en preus de mercat. Cost total del sistema en preu de mercat i preu ombra. Font: Elaboració pròpia.	130
Taula 6-4: Cost d'operació i manteniment de les infraestructures i sistema central de control en preu de mercat. Cost total d'operació i manteniment del peatge urbà en preu de mercat i preu ombra sense considerar el cost de les transaccions econòmiques. Font: Elaboració pròpia.	130
Taula 6-5: Cost salarial mensual pels diferents trimestres de l'any 2010 i 2015. Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Idescat (2017 a).....	133
Taula 6-6: Valors del temps de viatge segons motiu actualitzats a l'any 2015. Font: Elaboració pròpia.	133
Taula 6-7: Percentatge de desplaçaments segons motiu de viatge sobre el global dels desplaçaments realitzats per residents a Barcelona. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de de EMEF 2015 (ATM, Ajuntament de Barcelona, AMB i AMTU, 2016).	134
Taula 6-8: Evolució del valor del temps al llarg del període d'avaluació del peatge urbà. Font: Elaboració pròpia.	135
Taula 6-9: Cost associats a vehicles i persones afectades per un accident actualitzats a l'any 2015 en base a l'evolució del deflector global de l'economia en el mateix període (veure Taula 5-4). Font: Elaboració pròpia.....	139
Taula 6-10: Freqüència d'accident en les seves diferents gravetats per a les diferents vies analitzades. Font: Elaboració pròpia.	140

Taula 6-11: Velocitat de circulació mitjana als accessos de Barcelona en cas de no implantar-se el peatge (No Peatge) i per les diferents versions de l'alternativa seleccionada. Font: Elaboració pròpia.	141
Taula 6-12: Estimació del preu per tona emesa de CO2 en els diferents anys del període d'estudi.	144
Taula 6-13: Preu per tona emesa de NOx i PM10. Font: Elaboració pròpia... ..	146
Taula 6-14: Cost associat al soroll. Font: Elaboració pròpia.	147
Taula 7-1: Costos i beneficis generats per la versió amb tarifa d'1€ del model de peatge urbà proposat. Nota (1) = Els beneficis econòmics senyalats no han estat considerats al càlcul del VAN i el TIR però són emprats al posterior anàlisi dels resultats. Font: Elaboració pròpia.	150
Taula 7-2: VAN i TIR social associat als costos i beneficis generats per la versió d'1 € del model de peatge urbà proposat. Font: Elaboració pròpia.	151
Taula 7-3: Costos i beneficis generats per la versió amb tarifa d'1,75 € del model de peatge urbà proposat. Nota (1) = Els beneficis econòmics senyalats no han estat considerats al càlcul del VAN i el TIR però són emprats al posterior anàlisi dels resultats. Font: Elaboració pròpia.	152
Taula 7-4: VAN i TIR social associat als costos i beneficis generats per la versió d'1,75 € del model de peatge urbà proposat. Font: Elaboració pròpia.	153
Taula 7-5: Velocitats de circulació a les rondes en els diferents anys del període d'avaluació per l'alternativa 0 i per la versió d'1,75€ del model del peatge proposat. Font: Elaboració pròpia.	155
Taula 7-6: Costos i beneficis generats per la versió amb tarifa de 2,5 € del model de peatge urbà proposat. Nota (1) = Els beneficis econòmics senyalats no han estat considerats al càlcul del VAN i el TIR però són emprats al posterior anàlisi dels resultats. Font: Elaboració pròpia.	157
Taula 7-7: VAN i TIR social associat als costos i beneficis generats per la versió de 2,5 € del model de peatge urbà proposat. Font: Elaboració pròpia.	158
Taula 7-8: Velocitats de circulació a les rondes en els diferents anys del període d'avaluació per l'alternativa 0 i per la versió de 2,5 € del model del peatge proposat. Font: Elaboració pròpia.	158
Taula 7-9: Evolució de diferents beneficis i costos actualitzats anuals per a les diferents versions del model de peatge urbà proposat. Pes percentual dels beneficis associats a l'estalvi de temps respecte als beneficis totals. Font: Elaboració pròpia.	160

Taula 7-10: VAN i TIR socials en cas de considerar o no l'estalvi de costos de funcionament. Font: Elaboració pròpia..... 161

Taula 7-11: VAN i TIR socials en cas de considerar o no els ingressos econòmics generats pel peatge urbà. Font: Elaboració pròpia..... 162

Taula 7-12: Demanda diària induïda de transport públic, increment de la demanda induïda respecte la tarifa inferior i percentatge que representa la demanda induïda respecte el nombre actual de viatges (930 M de viatges a l'any aproximadament). Font: Elaboració pròpia. 162

Índex de figures

Figura 2-1: Imatge on es mostra la zona restringida (“Restricted zone, RZ”) dins de l'illa de Singapur, amb una superfície total de 707,1 km ² . Font: Cervero, R., 1998.	8
Figura 2-2: Localització dels peatges urbans existents actualment. Font: Elaboració pròpia a partir d'imatges de La historia con Mapas.	11
Figura 2-3: Volum mitjà anual de vehicles per franja horària dins de l'àrea restringida pel peatge urbà per a les sèries temporals dels anys 2002 a 2006. Font: (Murray, P., 2012).	19
Figura 2-4: Elasticitats estimades en base a diferents suposicions. Font: TfL (2008).	37
Figura 3-1: Fonts d'emissions de NO _x i PM ₁₀ a la ZPE (Zona de Protecció Especial, definida al PMQA). Font: Departament de Territori i Sostenibilitat (2015a).	46
Figura 3-2: Plànol dels principals accessos a la ciutat de Barcelona. Font: Elaboració pròpia a partir d'imatge d'ATM (2017).	48
Figura 3-3: Vies de la xarxa bàsica de la ciutat. Font: Regidoria de Mobilitat, Ajuntament de Barcelona (2016).	49
Figura 3-4: Àmbit del STI i subdivisions emprades en l'EMEF 2015 i en l'EMQ 2006. Font : EMEF 2015 – ATM, Ajuntament de Barcelona, AMB i AMTU (2016 a)	51
Figura 3-5: Velocitat mitjana dels corredors analitzats segons franja horària per les dades dels anys 2007 i 2016. Font: RACC (2016 a).	55
Figura 3-6: Distribució de les hores perdudes per la congestió entre els diferents tipus de vies d'accés i sortida de la ciutat de Barcelona. Font: RACC (2016 a).	56
Figura 3-7: Distribució horària en percentatge del temps perdut en congestió als accessos de Barcelona. Font: RACC (2016 a).	56
Figura 3-8: Distribució en % respecte el total dels costos generats per la congestió als accessos de Barcelona. Font: RACC (2016 a).	57
Figura 3-9: Temps de viatge pels usuaris del transport públic i transport privat en 8 itineraris diferents a l'any 2007 i 2016. Font: RACC (2016 a).	58

Figura 3-10: Punts crítics a les vies d'accés a la ciutat de Barcelona. Font: RACC (2016).....	59
Figura 4-1: Nombre d'usuaris de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe afectats per cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.	78
Figura 4-2: Ingressos econòmics generats per cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.	79
Figura 4-3: Impacte social generat per cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.	79
Figura 4-4: Ingressos econòmics generats per carrils d'infraestructura requerit per a cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.	80
Figura 4-5: Impacte social generat per carrils d'infraestructura requerit per a cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.	81
Figura 4-6: Cost d'implementació de les diferents alternatives de peatge urbà per a tecnologia ANPR i DRSC. Font: Elaboració pròpia.	82
Figura 4-7: Cost d'operació de les diferents alternatives de peatge urbà per a tecnologia ANPR i DRSC. Font: Elaboració pròpia.	82
Figura 4-8: Període de retorn de la inversió realitzada en funció de la tarifa per cadascuna de les alternatives amb tecnologia ANPR. Font: Elaboració pròpia.	84
Figura 4-9: Període de retorn de la inversió realitzada en funció de la tarifa per cadascuna de les alternatives amb tecnologia DSRC. Font: Elaboració pròpia.	84
Figura 4-10: Tarifa equivalent normalitzada per cadascun dels peatges urbans analitzats on s'indica el rang de tarifes observat (requadre blau) i les tarifes utilitzades. Font: Elaboració pròpia.	92
Figura 5-1: Representació esquemàtica de l'impacte del peatge urbà sobre la mobilitat de Barcelona on els requadres color verd indiquen en quin apartat s'estima cadascun dels impactes del peatge. Font: Elaboració pròpia.	95
Figura 5-2: Cost de funcionament viari de turismes i vehicles pesants en €/veh·km). Font: Mcrit (2010).	102
Figura 5-3: Consum de combustible en grams per quilòmetre segons velocitat de conducció. Font: Mcrit (2010).	103

Figura 5-4: Comportament estimat dels usuaris que renunciïn al seu desplaçament en cotxe com a conseqüència de la introducció del peatge urbà de Milà. Font: Croci, E. & Douvan, A.R. (2016).	117
Figura 6-1: Valor del temps de viatge segons el motiu del viatge per a desplaçaments viaris i ferroviaris. Font: Mcrit (2010).	133
Figura 6-2: Risc d'accidentalitat en carretera segons tipus de via i segons gravetat. Font: Mcrit (2010).	138
Figura 6-3: Cost associat a vehicles i persones afectades per un accident segons la gravetat d'aquest. Font: Mcrit (2010).	138
Figura 6-4: Factors d'emissió de diferents partícules per diferents velocitats de circulació. Font: Mcrit (2010).	144
Figura 7-1.: Corba típica de velocitat mitjana de circulació i intensitat vehicular per carril per autopistes i carreteres de dos carrils per diverses velocitats màximes de circulació. Font: Departamento de Ingeniería Mecánica (2008).	154

1 Introducció

1.1 Antecedents i objectius

El desenvolupament econòmic global observat durant les últimes dècades, especialment destacable en àrees urbanes, ha generat un creixement insostenible de la demanda de transport urbà en vehicle privat fins arribar al punt d'excedir la capacitat de la pròpia xarxa viària.

L'augment de la congestió en àrees urbanes ha generat un augment notable de les externalitats negatives associades al transport viari. Algunes d'aquestes externalitats són, per exemple, la pèrdua de temps o bé la contaminació ambiental, generant danys al medi ambient i a la salut humana.

Com a conseqüència d'aquest empitjorament de les condicions del trànsit urbà, s'estima que les pèrdues econòmiques anuals associades a aquest fenò

men, dins de l'àmbit de la Unió Europea, han augmentat fins a assolir la xifra de 100.000 milions d'euros, el qual representa aproximadament un 1% del PIB d'aquesta regió (Comisión de las Comunidades Europeas, 2007).

Les primeres mesures enfocades a reduir els problemes de congestió corresponen a actuacions encarades a augmentar l'oferta d'infraestructura viària. No obstant, es va corroborar ben aviat la poca idoneïtat d'aquestes mesures atès a l'increment de capacitat de la xarxa viària es veia ràpidament contrarestada per una nova demanda de transport privat.

L'agreujament de la magnitud de la problemàtica i els costos relacionats amb la congestió en àmbits urbans i la corroboració de que les mesures enfocades a augmentar l'oferta d'infraestructura viària no representen una solució vàlida als problemes de congestió, han posat de manifest la necessitat d'implementar nous models de transport urbà que prioritzin la utilització de modes de transport alternatius al vehicle privat.

En el últims anys un bon nombre de ciutats i països europeus han promogut mesures enfocades a reduir la demanda de transport privat. Algunes d'aquestes mesures són, per exemple, les Zones de Baixa Emissions (especialment habituals a Alemanya, on actualment hi ha més de 50 esquemes d'aquesta mesura en funcionament), les Zones d'Accés Restringit o els peatges urbans.

Des de la seva introducció per primer vegada l'any 1975 a Singapur, els peatges urbans han demostrat una alta efectivitat a l'hora de promoure el canvi modal cap a modes de transport alternatius imposant una tarifació sobre la

mobilitat de transport privat que transcorre dins de xarxes viàries urbanes i, d'aquesta manera, aconseguix reduir el nombre de desplaçaments realitzats en transport privat.

En base a les dades de congestió de l'any 2016, Barcelona és una de les ciutats Europees que presenta majors nivells de congestió, liderant la classificació de ciutats espanyoles més congestionades (El Periódico, 2016).

Conseqüentment, no és sorprenent que en els últims temps s'hagi anunciat la implementació de mesures enfocades a reduir la mobilitat en transport privat en l'àmbit de Barcelona com és, per exemple, la instauració a partir de 2019 de la prohibició de circulació dels vehicles més antics de 20 anys en 40 municipis de l'àrea metropolitana de Barcelona (Catà, J., 2017).

No obstant, tot i la importància creixent dels peatges urbans i aquest tipus de mesures, actualment no existeix una base extensa d'estudis que analitzin l'impacte d'aquestes mesures dins de l'entorn de Barcelona.

Amb la finalitat d'adreçar la manca d'anàlisi d'aquestes mesures a l'àmbit de Barcelona, aquest treball té com a objectiu estudiar l'impacte que tindria la implantació d'un model de peatge urbà a la ciutat de Barcelona examinant la viabilitat socioeconòmica del propi peatge.

D'altra banda, aquest treball pretén establir també un punt de partida per a futurs estudis enfocats a aprofundir en l'anàlisi de l'impacte d'aquestes mesures. En conseqüència, s'analitzarà quines futures línies d'estudi permetrien millorar o ampliar els resultats obtinguts en el present treball.

1.2 Metodologia

Abans d'entrar a valorar l'impacte d'un peatge urbà és necessari comprendre i estudiar diversos aspectes i factors.

En primer lloc, per tal que el model proposat del peatge urbà sigui adequat, és necessari analitzar, segons els casos existents de peatge urbà, com afecten els diferents aspectes d'un peatge urbà (horari, vehicles afectats, tecnologia, tarifa, etcètera) al seu impacte i rendiment.

Un cop establertes les bones pràctiques observades, es realitzarà un anàlisi exhaustiu de la mobilitat i de la xarxa viària a l'àmbit de Barcelona amb la finalitat d'entendre, entre d'altres, el comportament dels usuaris que es desplacen en transport privat i la ubicació de la congestió en les diferents vies de la xarxa viària.

A continuació, després d'assimilar l'encaix de les bones pràctiques extretes amb les particularitats de la mobilitat de Barcelona, es proposaran diverses

alternatives del model de peatge urbà a introduir. Tot seguit es determinarà quina alternativa és més adequada en base al valor d'indicadors del benefici social potencial de cada alternativa del peatge.

La definició del model de peatge urbà permetrà analitzar i estimar els diferents impactes que generaria el peatge sobre l'esquema definit de la mobilitat actual.

En base a aquestes afectacions, s'estimaran els beneficis socials percebuts per la societat associats a l'efecte del peatge urbà i la rendibilitat social de la inversió que suposaria implementar el peatge.

Finalment, s'estudiarà la validesa del procediment utilitzat per definir els beneficis associats al peatge urbà i, d'acord amb les possibles debilitats o incerteses intrínseques en el procediment utilitzat, es definiran les futures línies d'estudi que comportarien un major desenvolupament dels resultats obtinguts en el present treball.

1.3 Glossari

AMB	Àrea Metropolitana de Barcelona
ANPR	Automatic Number Plate Recognition
ATM	Autoritat del Transport Metropolità
DRSC	Dedicated Short-Range Communications
GNSS	Global Navigation Satellite System
M.M.A	Massa Màxima Autoritzada
PCE	Passanger Car Equivalent
S.d.	Sense Data
TfL	Transport for London
IMH	Intensitat Mitjana Horària
STI	Sistema Tarifari Integrat
RACC	Reial Automòbil Club de Catalunya
PMQA	Pla de Millora de la Qualitat de l'Aire
DGT	Dirección General de Tráfico
EMEF	Enquesta de Mobilitat en dia Feiner



EMQ

Enquesta de Mobilitat Quotidiana

2 Els peatges urbans

2.1 Introducció

2.1.1 La teoria darrera els peatges urbans

Els peatges urbans van sorgir originalment a partir de l'aplicació en el transport viari del concepte, englobat dins del camp de l'economia de mercat, de **taxa de congestió** (“*congestion pricing*”).

Les taxes de congestió (Benko, M., Smith, L., 2008) són una estratègia que actua sobre la demanda utilitzant un sistema de tarifació que cobra als usuaris o consumidors de **béns públics** per les **externalitats negatives**, generades per l'excés de demanda respecte d'oferta, mitjançant un augment en el preu d'aquest bé o producte durant els **pics de demanda**.

La paraula **externalitat** es refereix al cost o benefici generat sobre terceres persones per un individu al consumir o produir un bé de tal manera que els individus afectats no paguen o són compensats pel benefici o cost generat respectivament sobre ells.

El terme d'externalitat negativa s'utilitza quan aquesta té efectes perjudicials, com, per exemple, l'efecte nociu sobre la salut humana que té la contaminació generada pel transport.

Tot i que les taxes de congestió han estat emprades en béns com el internet, la telefonia o l'electricitat, la seva aplicació ha estat majoritàriament en el camp del **transport** des de que l'economista i premi Nobel d'economia canadenc William Vickrey, un dels pares de les taxes de congestió, proposés l'any 1952 la seva aplicació al metro de la ciutat nord-americana de Nova York (Victoria Transport Policy, 1992).

L'aplicació de les taxes de congestió en l'àmbit del transport permet a les autoritats evitar invertir en infraestructures per tal de satisfer la demanda tot **incentivant** als **usuaris** a canviar el seu comportament ja sigui (Benko, M., Smith, L., 2008):

- Realitzant els seus trajectes fora dels períodes de màxima demanda
- Realitzant els seus trajectes a través de rutes alternatives que no travessin les zones on es genera congestió.
- Utilitzant mètodes de transport alternatius com per exemple transport públic o vehicles d'alta ocupació.

El transport viari urbà genera nombroses externalitats negatives com són la **congestió**, la contaminació mediambiental, la contaminació acústica o la

sinistralitat viària. Per exemple, s'estima que a l'any 2015 la congestió als accessos de Barcelona va generar unes pèrdues anuals de **137 M€**, equivalent al 0,1% del PIB català (RACC, 2016a).

L'aplicació de taxes de congestió en el **transport viari urbà** busca internalitzar els **costos** que genera la presència de **congestió** en la xarxa viària urbana, com són (Moveiter, 2013):

- L'increment del temps de viatge dels usuaris i mercaderies.
- L'augment del cost operatiu (major consum de combustible) i de les emissions generades pels vehicles que transporten aquests usuaris o mercaderies.
- El creixement de la sinistralitat viària.
- La generació de sensació d'estrès i frustració en els usuaris.
- El major temps d'assistència en emergències (bombers, ambulàncies, policia, etcètera.).

Els costos derivats de la congestió generalment no són exclusivament assimilats pels usuaris sinó que també són percebuts per altres col·lectius com són els residents a les grans aglomeracions urbanes o els usuaris de transport públic, amb una menor responsabilitat en relació a la creació de la congestió en xarxes viàries urbanes (Moveiter, 2013).

Per tant, l'aplicació de **taxes de congestió** en el transport viari urbà, ja sigui en forma de peatges urbans o bé en altres fórmules, com per exemple carrils d'alta ocupació (Small, Kenneth A., Gomez-Ibañez, J.A., 1998), busca reduir la congestió que es genera de manera periòdica en certes àrees de les grans aglomeracions i, per tant, reduir també els costos derivats d'aquesta mitjançant el cobrament d'aquests costos als usuaris responsables de la generació d'aquesta congestió.

En el següent apartat es descriurà el concepte de **peatge urbà**, quina ha estat l'evolució temporal de la seva implantació arreu del món i quin és el seu context actual.

2.1.2 Els peatges urbans. El seu naixement, evolució i context actual.

Els peatges urbans són sistemes o conjunts de mesures en els quals és necessari pagar un peatge o tarifa per la utilització de la xarxa viària urbana d'una certa àrea restringida que, generalment, es correspon amb el centre financer, comercial i/o cultural de la ciutat (Urban Access Regulation In Europe, 2015).

Existeixen diferents classes de peatges urbans en funció del concepte d'utilització de la xarxa viària que comporta el pagament del peatge: peatges en

els quals el pagament de la tarifa es realitza al accedir per primer cop a la zona restringida, aquells on el pagament es realitza cada cop que s'accedeix (o es surt) de la zona restringida o bé aquells on el pagament de la tarifa es realitza quan es circula per certes vies (generalment les de major magnitud i trànsit) que donen accés a la zona restringida.

A pesar del seu origen associat a les taxes de congestió i de que la seva estructura i funcionament s'han mantingut relativament inalterats, la motivació de les autoritats per a implantar peatges urbans a les ciutats ha evolucionat al llarg del temps, incorporant noves finalitats relativament alienes a la mitigació de la congestió, finalitat tradicionalment associada a les taxes de congestió.

Actualment, les principals motivacions o objectius comuns que han impulsat a les diferents autoritats (Bigas et al., 2006) a la implantació d'aquesta tipologia de sistema són:

- La reducció dels nivells de congestió, generalment en tònica ascendent, i de les externalitats del trànsit rodat.
- Reduir la contaminació i millorar la qualitat mediambiental en àmbits urbans, on el transport viari és una de les principals fonts de contaminació.
- Finançar noves infraestructures viàries que permetin reduir la congestió de la xarxa viària urbana existent.

La primera aplicació d'un peatge urbà va ser realitzada l'any 1975 a Singapur amb el nom d'"Area Licensing Scheme" (Cervero, R., 1998). L'objectiu de les autoritats singapureses amb la implementació del peatge era regular la demanda de trànsit al districte central financer, restringint totes les carreteres i carrers dintre d'una àrea de 6 km² coneguda com a zona restringida ("Restricted Zone")(Figura 2-1).

Amb el temps el peatge urbà va evolucionar cobrint una major superfície (gairebé 100 km² actualment) i passant de regular les vies restringides de forma manual a automàtica l'any 1998 on el peatge existent es va substituir pel nou peatge "Electronic Road Pricing".



Figura 2-1: Imatge on es mostra la zona restringida ("Restricted zone, RZ") dins de l'illa de Singapur, amb una superfície total de 707,1 km². Font: Cervero, R., 1998.

En el cas d'Europa, els peatges urbans van ser introduïts per primer cop a Noruega, a les ciutats de Bergen (1986), Oslo (1990) i Trodheim (1991) amb l'objectiu de finançar noves infraestructures viàries (Di Ciommo, F., García, F., Monzón, A., Valdés, C., 2012).

D'ençà la implantació del primer peatge urbà a Singapur i, en el cas d'Europa, a Bergen, nombroses ciutats han estudiat la introducció de peatges urbans tot i que posteriorment no s'hagin acabat implantant, degut a la impopularitat d'aquesta mesura, com són els casos de Nova York (EE.UU.), Edimburg (Escòcia) o Hong Kong (R.P. de Xina).

Precisament el cas de Hong Kong és un dels més rellevants ja que va ser la primera ciutat, en aquest cas, durant una prova pilot que durà 21 mesos, de Juliol de 1983 fins Març de 1985, que va implementar un **peatge automàtic**.

La utilització de peatges urbans automatitzats ha permès als conductors abonar la tarifa del peatge sense la necessitat d'aturar-se (Hau, T.D., 1990) i, per tant, reduint l'impacte del peatge sobre el flux de vehicles. La utilització de peatges "**free flow**" comporta la necessitat d'utilitzar una **tecnologia** que permeti la **identificació del vehicle** per, posteriorment, dur a terme el cobrament del peatge.

A pesar de que existeixen altres tecnologies que permeten la identificació de vehicles, com per exemple el Sistema de navegació per satèl·lit, en els diferents peatges urbans existents avui en dia únicament s'utilitzen dues tecnologies, tal com queda reflectit al apartat subsegüent.

La primera d'aquestes tecnologies es coneix com a **Comunicació a distància mitjançant ones de curt abast** o **DRSC** ("Dedicated short-range communications") englobada dins de la tecnologia anomenades RFID ("Radio frequency identification").

El funcionament d'aquesta tecnologia consisteix en la comunicació entre un emissor, emplaçat en una estructura viària (com per exemple un pòrtic) i un **dispositiu a bord** col·locat a l'interior del vehicle (Commin, H., 2009). A Espanya aquesta tecnologia s'empra a les autopistes en el sistema de telepeatge Via-T.

L'altre tecnologia emprada en peatges urbans correspon al **Reconeixement automàtic de matrícula** o **ANPR** ("Automatic number plate recognition") on la identificació del vehicle es realitza mitjançant la utilització de reconeixement òptic dels caràcters de la matrícula del vehicle en imatges enregistrades mitjançant càmeres.

Els avantatges i inconvenients d'aquestes tecnologies (Commin, H., 2009) (Van Amelsfort, D., 2015) es mostren a la Taula 2-1.

Tecnologia	Avantatges	Inconvenients
DRSC	<ul style="list-style-type: none"> Menors costos operatius derivats de la menor transmissió d'imatges (només s'enregistren imatges dels vehicles infractors). Permet una major privacitat a l'usuari mitjançant targetes de prepagament (de manera que no són necessàries les dades bancàries de l'usuari). Major rati d'identificació dels vehicles d'aproximadament un 99%. 	<ul style="list-style-type: none"> Requereix la utilització d'una unitat a bord dificultant la circulació de viatgers ocasionals. Es necessari utilitzar tecnologia ANPR igualment per a la identificació dels usuaris infractors.
ANPR	<ul style="list-style-type: none"> La identificació del vehicle no requereix que aquest disposi de cap tecnologia pròpia. Major flexibilitat per a la inclusió de viatgers ocasionals. Sistema aprofitable per a altres mesures de mobilitat o seguretat ciutadana. 	<ul style="list-style-type: none"> Alt cost operatiu degut a la transmissió de les imatges enregistrades per les càmeres. El procés automatitzat no és 100% eficient (la taxa de vehicles no identificats pot arribar fins al 30%), requerint la identificació manual de la matrícula. Requereix l'existència d'una base de dades on consti la relació entre vehicles i titulars (menor privacitat).

Taula 2-1: Taula on es mostren els avantatges i inconvenients de cada tecnologia. Font: Elaboració pròpia a partir d'informació de Commin, H., 2009 i Van Amelsfort, 2015.

Actualment existeixen al món 15 peatges urbans dels quals 14 es troben a Europa i el restant correspon al de Singapur (Àsia). A la Figura 2-2 es mostra la localització dels diferents peatges urbans mentre que a la Taula 2-2 presenta la informació corresponent a cada peatge.

Continent	País	Ciutat	Any d'introducció ¹	Identificador a la Figura 2-2
Àsia	Singapur	Singapur	1975	1
Europa	Itàlia	Milà	2008/2012	2
	Malta	La Valletta	2007	3
	Noruega	Bergen	1986	4
	Noruega	Haugesund	2008	5
	Noruega	Kristiansand	1997	6
	Noruega	Namsos	2003	7
	Noruega	Oslo	1990	8
	Noruega	Stavanger	2001	9
	Noruega	Tonsberg	2004	10
	Noruega	Trondheim	1991	11
	Regne Unit	Durham	2002	12
	Regne Unit	Londres	2003	13
	Suècia	Estocolm	2007	14
	Suècia	Göteborg	2013	15

Taula 2-2: Informació relacionada amb cada peatge urbà existent (país, ciutat, any d'introducció del peatge) així com el número identificador emprat a la Figura 2-2 corresponent a cada peatge. Font: Elaboració pròpia. Nota: (1) Aquells cassos en els quals es mostra diversos anys d'introducció del peatge corresponen a aquelles ciutats en les que s'han introduït diversos models de peatge urbà.



Figura 2-2: Localització dels peatges urbans existents actualment. Font: Elaboració pròpia a partir d'imatges de La historia con Mapas.

En el següent subapartat s'analitzarà, de forma sintetitzada, els diferents elements conformadors de cadascun dels peatges existents actualment. Aquests aspectes corresponen a:

- **Tipologia de peatge:** Definit anteriorment com el concepte d'utilització de la xarxa viària que comporta el pagament del peatge.
- **Àrea restringida:** Definició de la zona restringida pel peatge, incloent-hi tant la seva magnitud (tant absoluta com relativa en relació amb la superfície del municipi,) com la naturalesa (comercial, cultural, financera, etcètera.) de la pròpia zona.
- **Horari d'aplicació del peatge**
- **Tipologia i import de la tarifa del peatge**
- **Vehicles subjectes al pagament del peatge i excepcions**

- **Tecnologia emprada i metodologia de pagament:** Determinació de la tecnologia utilitzada per a identificar als vehicles i definició dels canals de pagament.

En els cassos de Noruega i Suècia es pot parlar de la implantació d'esquemes nacionals on, fora d'alguns aspectes com l'àrea restringida o bé els horaris i tarifes a aplicar, que són particulars per a cada cas, la tipologia de peatge així com el seu funcionament és idèntic entre els diferents peatges del país.

Més endavant s'analitzen dos aspectes claus per tal de poder estimar la rendibilitat i impacte d'un hipotètic peatge urbà a Barcelona, els **costs associats** a els peatges existents i la **elasticitat** de la **demanda de transport privat** observada en diferents peatges existents.

2.2 Comparativa dels elements conformadors dels peatges urbans existents

En aquest apartat es sintetitza, en diferents taules, els valors per a cada peatge urbà estudiat dels diferents paràmetres analitzats descrits a l'ANNEX 1. Addicionalment, s'afegiran altres indicadors que permetran posar en situació la morfologia de cada peatge dins del seu àmbit.

2.2.1 Tipologia de peatge

Tal com es descriu a l'apartat 2.1.2, existeixen diferents tipologies de peatge urbà en funció del mode d'utilització de la xarxa viària que comporta el pagament de la tarifa del peatge urbà.

Tot i que no tots els peatges urbans analitzats es poden classificar de forma inequívoca en alguna de les següents classes o tipologies, a grans trets els diferents peatges urbans es poden agrupar en tres tipus:

- D'àrea: aquells peatges urbans en els quals es paga pel fet de circular dins de l'àrea restringida, generalment durant un determinat temps (generalment 1 dia).
- De cordó: aquells peatges urbans en els quals els vehicles són registrats quan aquests s'accedeixen i/o surten de l'àrea restringida delimitada per un "cordó" de punts de control.
- De via: a diferència de les altres dues tipologies, en aquest cas no hi ha definida de forma concreta una àrea de peatge urbà. En canvi, els usuaris són registrats cada cop que circulen per una sèrie de vies en les que hi ha emplaçades punts de control. Aquesta tipologia de peatge urbà presenta forces similituds amb els peatges de cordó amb l'excepció de la definició una àrea restringida.

Cal destacar que, en alguns casos, els conceptes de peatge de cordó i peatge de via conflueixen, especialment en aquells casos en els que l'àrea restringida compta amb un bon nombre d'accessos, de manera que només es regula aquells amb major aflluència de vehicles (peatge de Singapur o peatges Noruecs).

D'altra banda, mentre que els peatges urbans de tipus àrea estan associats a tarifes diàries, els peatges urbans de cordó o via es corresponen a tarifes de pagament per ús (d'entrada/sortida o peatge, veure apartat 2.2.4).

En el cas dels peatges urbans de tipus àrea, degut a que sempre tenen associats un tarifa diària, el cost marginal d'un viatge addicional al llarg del dia és zero, de manera que el peatge deixa de ser un element dissuasiu, reduint-se la seva efectivitat (Van Amelsfort, 2015).

Adicionalment, l'aplicació del peatge urbà és més car en aquesta tipologia de peatges urbans ja que es requereixen càmeres addicionals o un sistema mòbil (en comparació amb els peatges de cordó o via) per a detectar els usuaris que circulen dins de l'àrea restringida.

D'altra banda, en el peatges urbans de cordó o via no es restringeix el trànsit intra-zonal, de manera que també es redueix l'efectivitat d'aquest tipus de peatges. Per tant, la transcendència del trànsit intra-zonal dins de la generació de congestió de l'àrea a restringir és un indicador fonamental per a decidir entre les diferents tipologies de peatges existents.

En la següent taula es mostra la tipologia de peatge de cadascun dels peatges urbans analitzats.

Peatge	País	Tipologia de peatge	Peatge	País	Tipologia de peatge
Singapur	Singapur	De via	Stavanger	Noruega	De via
Milà	Itàlia	D'àrea	Tonsberg	Noruega	De via
La Valletta	Malta	D'àrea	Trondheim	Noruega	De via
Bergen	Noruega	De via	Durham	Regne Unit	De cordó
Haugesund	Noruega	De via	Londres	Regne Unit	D'àrea
Kristiansand	Noruega	De via	Estocolm	Suècia	De cordó
Namsos	Noruega	De via	Göteborg	Suècia	De cordó
Oslo	Noruega	De via			

Taula 2-3: Tipologia de peatge de cadascun dels peatges urbans analitzats. Font: elaboració pròpia.

2.2.2 Àrea restringida

En aquest apartat s'agrupa la informació relacionada amb l'àrea restringida de cadascun dels peatges urbans. Entenem com àrea restringida a aquella part o parts d'una ciutat en la qual es necessari pagar una tarifa per tal de poder circular per la xarxa viària, dins de l'horari d'operació del peatge, englobada en aquesta àrea restringida.

En els peatges de tipus "cordó" o "àrea", l'àrea restringida queda clarament definida per els diferents punts de control exteriors, els quals delimiten la frontera entre les zones en les que s'ha de pagar el peatge i aquelles en les que no és necessari.

En el cas dels peatges urbans de tipus "via", els punts de control no defineixen una àrea aïllada en la qual, per a poder accedir-hi, s'ha de pagar el peatge ja

que sempre es podria circular per vies alternatives on no hi ha cap punt de control.

No obstant, en aquest tipus de peatges els punts de control s'emplacen en aquelles vies de major capacitat i trànsit que condueixen a un cert espai central. En aquests casos, per tant, es possible definir un àrea de peatge urbà observant l'emplaçament dels diferents punts de control i l'àmbit al qual condueixen les vies on hi ha emplaçats aquests punts de control.

Tal com es veurà amb l'horari i tipologia de tarifa dels peatges urbans, l'àmbit d'aplicació dels peatges urbans també està relacionat amb l'objectiu del propi peatge (Pozueta, J., 2008).

En el cas dels peatges urbans que tenen com a objectiu **reduir els nivells de congestió**, l'àmbit d'aplicació del peatge ha de cobrir les àrees centrals de les ciutats, on se solen registrar als nivells de congestió. En el cas d'aquesta tipologia de peatges, la definició de l'àrea restringida estarà estretament lligada a l'àrea on es pretén reduir la congestió.

En els cas d'aquells peatges on l'objectiu és recaptar fons pel finançament de noves infraestructures viàries, les àrees centrals de les ciutats també solen estar incloses dins de l'àrea restringida d'aquests peatges. En molt d'aquests casos s'utilitzen peatges de via o cordó ja que en els cordons de les zones centrals de les ciutats és més fàcil interceptar un major percentatge dels viatges.

Els diferents paràmetres relacionats amb l'àrea restringida d'un peatge urbà són la superfície de l'àrea restringida, el % d'aquesta àrea respecte la superfície total del municipi o bé en nombre de punts de control. Altres aspectes geogràfics que poden ser rellevants per a entendre l'emplaçament dels punts de control i la definició de l'àrea restringida són la població del municipi, la seva superfície o bé la seva densitat de població.

Peatge	Superfície d'àrea restringida (km ²)	% respecte superfície del municipi	Nº de punts de control	Població	superfície del municipi (km ²)	Densitat de població (hab./km ²)
Singapur	100 (aprox.)	13,9	77	5.535.000	719	7.697
Milà	8,2	4,5	43	1.344.906	182	7.335
La Valletta	0,5	62,5	13	6.444	0,8	8.100
Bergen	20	21,3	11	250.420	94	2.664
Haugesund	6	8,25	6	36.538	73	535
Kristiansand	4	16	5	97.846	25	3.900
Namsos	2,5	55,6	4	12.906	778	17
Oslo	70	15	29	658.390	480	1.400
Stavanger	150	40	23	130.426	374	1.800
Tonsberg	5,5	5	6	41.486	107	367
Trondheim	70	20	24	184.960	341	542
Durham	0,25	<1	1	48.069	187 ¹	257
Londres	22	1,4	175	8.538.689	1.572 ²	5.432
Estocolm	42,5	22,6	26	909.976	188	4.800
Göteborg	15	3,4	36	549.789	448	1.200

Taula 2-4: Paràmetres relacionats amb l'àrea restringida de cadascun dels peatges urbans analitzats. Font: Elaboració pròpia. Nota: 1 = Aquesta superfície correspon a la del municipi de Durham, molt major que la del nucli urbà de Durham. 2 = Superfície corresponent al "Greater London".

2.2.3 Horari d'aplicació

Al igual que altres aspectes dels peatges urbans, l'horari d'aplicació està relacionat amb l'objectiu del propi peatge urbà (Pozueta, J., 2008).

En els casos en que l'objectiu del peatge sigui reduir la congestió al llarg del dia, el peatge està operatiu durant aquelles hores en les que es genera una major afluència de vehicles i nivells de congestió.

Com a conseqüència, la gran majoria dels peatges urbans que tenen aquest objectiu presenten horaris d'aplicació que engloben les hores de la jornada laboral en dies feiners. Alguns exemples són els casos dels peatges urbans suecs (6:30-18:30), Londres (7:00-18:00) o bé Milà (7:30-19:30).

En el cas d'aquells peatges urbans que tenen com a finalitat el recaptament de fons pel finançament de noves infraestructures viàries, no té sentit limitar l'horari d'aplicació només a aquelles hores on s'observen els majors nivells de

congestió, com són els casos de Bergen, Oslo o Trondheim on el peatge urbà funciona a totes hores.

El peatge urbà de Singapur va adaptar-se a les particularitats de la mobilitat de la pròpia ciutat: tot i que inicialment el peatge només estava operatiu de dilluns a divendres, les autoritats responsables del peatge urbà van observar que, al llarg del dissabtes, es generava un gran nombre de viatges de compres i oci cap el centre de la ciutat, de manera que es va acabar estenent el seu funcionament als dissabtes.

A continuació es mostra els dies i horari d'aplicació dels diferents peatges urbans analitzats.

Peatge	Dies d'operació del peatge							Horari
	Dll.	Dm.	Dc.	Dj.	Dv.	Ds.	Dg.	
Singapur	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	7:00-22:30 ¹
Milà	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	7:30-19:30 ²
La Valletta	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	8:00-18:00
Bergen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Tot el dia
Haugesund	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Tot el dia
Kristiansand	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Tot el dia
Namsos	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	6:00-18:00
Oslo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Tot el dia
Stavanger	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Tot el dia
Tonsberg	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Tot el dia
Trondheim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Tot el dia
Durham	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	10:00-16:00
Londres	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	7:00-18:00
Estocolm	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	6:30-18:30 ³
Göteborg	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	6:00-18:30 ³

1. L'horari és diferent per a cada punt de control. L'horari mostrat correspon al dels punts de control que entren en funcionament i tanquen en primer i darrer lloc respectivament.
2. L'horari mostrat és vàlid per a tots els dies excepte per als dijous, quan l'horari d'operació és de 7:30 a 18:00.
3. Horari del peatge excepte pel mes de Juliol en el qual el peatge no està operatiu.

Taula 2-5: Horari i dies d'operació dels diferents peatges urbans analitzats. Font: elaboració pròpia.

2.2.4 Tipologia i import de la tarifa del peatge

L'establiment de la tarifa d'un peatge urbà es una de les parts més complexes del procés de disseny d'un sistema de peatge urbà.

Les entitats i organismes polítics són responsables de dotar de recursos pel desenvolupament dels sistemes de peatge urbà. Com a conseqüència, l'establiment de la tarifa d'un peatge urbà deixa de ser una problema d'enginyeria, on la tarifa es podria basar en el cost monetari de la congestió sobre els usuaris, per convertir-se en una **decisió política** (OECD, 2010).

La tarifa d'un peatge urbà estableix un "trade-off" entre l'impacte sobre la mobilitat (reducció de vehicles que circulen com a conseqüència de l'increment del cost del seu trajecte) i l'acceptació del propi sistema de peatge urbà per part dels ciutadans, factor que inquieta als polítics tant o més que establir un sistema eficient per a la gestió del trànsit.

A l'hora de determinar la tarifa d'un peatge urbà no només és necessari determinar-ne el seu import sinó també el propi concepte de la tarifa (tipologia d'ús de la xarxa viària que en comporta el seu pagament) i els factors que la poden fer variar.

Els diferents conceptes de tarifa són:

- Tarifes que donen dret a circular dins de l'àrea restringida durant un període determinat, generalment un dia (Diària).
- Tarifes que es cobren cada cop que s'entra o es surt de l'àrea restringida, molt relacionades amb els peatges urbans de cordó (Entrada /Sortida).
- Tarifes que es cobren cada cop que es circula per una certa via (Peatge)
- Tarifes que es cobren proporcionalment al temps d'estància del vehicle dins de l'àrea restringida (Estància).

Las tarifas diàries poden resultar a primera vista més senzilles d'implementar i controlar. No obstant, un cop l'usuari abona la tarifa, el peatge deixar de ser un element dissuasiu per a la utilització del vehicle privat i, per tant, xoca frontalment amb l'objectiu de reduir la congestió.

D'altra banda, les tarifas d'entrada i sortida així com les de peatge representen un model de tarifació més equitatiu, on l'import total que acaba pagant l'usuari és proporcional a l'ús que aquest en fa de les infraestructures viàries (Pozueta, J., 2008).

A més a més, aquesta tipologia de tarifas permeten variar l'import de la tarifa en relació a diversos factors com poden ser el nivell de demanda o la localització del punt de control.

En relació a les tarifas d'estància com la de La Valletta, l'import té relació amb el temps d'estància del vehicle dins de l'àrea restringida, el qual no té perquè ser proporcional a l'ús que l'usuari en fa de les infraestructures viàries, essent

una estratègia més pròpia d'estacionament regulat que de polítiques anti-congestió.

En relació a la variabilitat de la tarifa, la utilització d'una tarifa fixa comporta una sèrie d'avantatges i perjudicis. Aquest tipus de tarifes són adients en aquelles àrees on no és donen puntes de trànsit molt elevades (Pike, E., 2010).

Les tarifes fixes són fàcils de divulgar, el qual augmenta l'acceptació per part dels usuaris, i la seva implementació tecnològica és més senzilla, tot i que amb els últims avenços tecnològics gairebé ja no hi ha diferències amb les tarifes variables (Pozueta, J., 2008).

No obstant, el potencial impacte de les tarifes fixes és molt menor que el de les tarifes variables, afectant sobretot a aquells desplaçaments que es produeixen en el període entre pics ja que són aquells que tenen una menor rellevància i, per tant, una major elasticitat (Murray, P., 2012).

En la següent figura es mostra la mitjana anual de flux de vehicles al peatge urbà de Londres per cada franja horària per a 5 sèries temporals. Si es compara la sèrie temporal prèvia a la implantació del peatge (2002) amb les sèries temporals en les quals el peatge urbà ha entrat en operació (2003 a 2006), es pot observar com la major reducció del nombre de vehicles es produeix en el període entre pics, posant de manifest el fenomen descrit en el paràgraf anterior.

Demand impact of London Cordon Charge

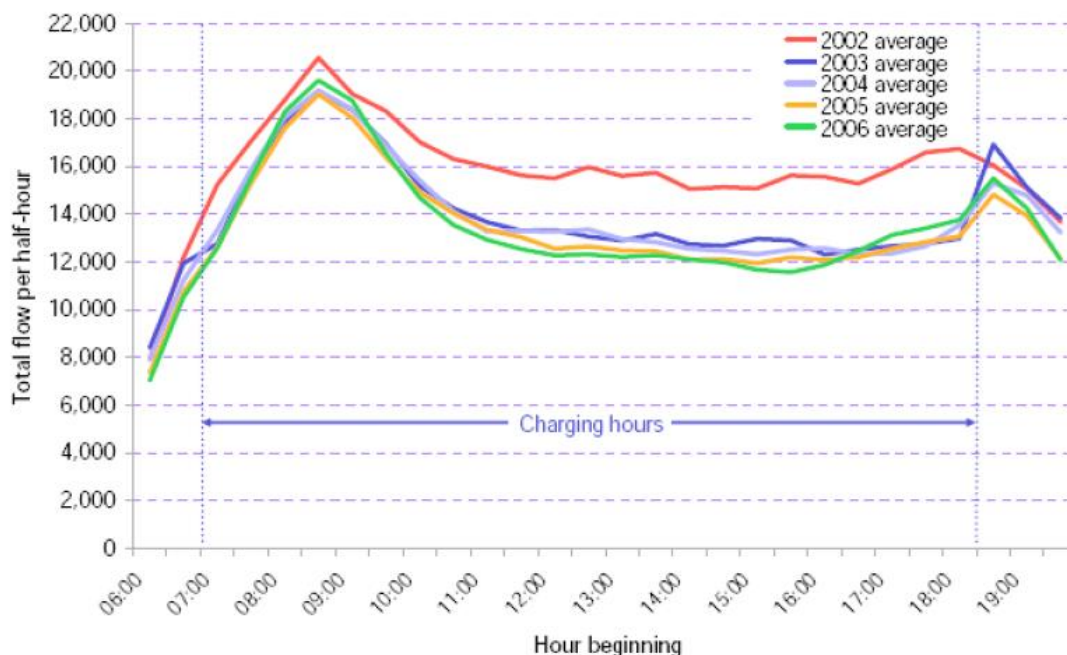


Figura 2-3: Volum mitjà anual de vehicles per franja horària dins de l'àrea restringida pel peatge urbà per a les sèries temporals dels anys 2002 a 2006. Font: (Murray, P., 2012).

D'altra banda, la utilització d'una tarifa variable en funció de la tipologia d'usuaris o condicions del trànsit permet augmentar la efectivitat del peatge urbà així com la seva equitat, adaptant-se millor a la pròpia heterogeneïtat del trànsit urbà (Van Amelsfort, 2015).

Alguns dels diferents factors que poden definir la variabilitat d'una tarifa són:

- Tipus de vehicle: Una diferenciació de tarifa molt estesa és aplicar diferents tarifes en funció del tipus de vehicle degut al diferent impacte que cada tipus té sobre la mobilitat urbana. D'entre els diferents casos en els quals s'aplica aquesta diferenciació en destaca el cas de Singapur, on la tarifa per a cada tipus de vehicle és proporcional al PCE, coeficient que avalua l'impacte de cada tipologia de vehicle en diferents variables representatives de l'estat del trànsit (veure ANNEX I, cas de SINGAPUR).
- Franja horària: Existeixen diverses motivacions per a establir una tarifa variable en funció de la franja horària del desplaçament:
 - Els nivells de congestió varien al llarg del dia, de manera que, per tal de satisfer l'objectiu de reduir la congestió, la tarifa haurà d'adaptar-se als nivells de congestió, essent més alta en aquells períodes en els quals els nivells de congestió també ho siguin.
 - La tipologia viatges que componen el trànsit varia també al llarg del dia. Mentre que la gran majoria de viatges que es produeixen als pics del matí i la tarda són viatgers que acudeixen i tornen de la feina (i realitzen aquest trajecte de forma regular), la majoria de viatges que es produeixen en el període entre pics i a la nit són de compres o negocis i d'oci respectivament. Cada tipologia de viatge presenta una sensibilitat diferent a la tarifa d'un peatge urbà, de manera que la tarifa ha de variar al llarg del dia adaptant-se a aquestes diferents sensibilitats.
 - En el cas de que la tarifa incorpori una diferenciació per franges horàries no és recomanable que la diferència de tarifa entre franges horàries contigües sigui massa elevada. Tampoc convé que les franges horàries siguin massa llargues (ja que aquest fet propicia elevades diferències de tarifes). El motiu és que diferències elevades de tarifa entre dues franges horàries contigües propicia la migració de vehicles de la franja horària amb major tarifa cap a la franja horària de menor tarifa, traslladant la congestió d'una franja horària cap l'altre sense resoldre el problema.
- Localització: Aquest tipus de diferenciació aplica als tipus de tarifa d'entrada i sortida o de peatge ja que en els casos de tarifa diària o permanència consistiria en definir diferents zones on s'aplicarien

diferents tarifes. De la mateixa manera que els nivells de congestió varien al llarg del dia, aquets també varien en diferents zones o àrees d'una ciutat.

Un altre aspecte que contribueix a incrementar l'efectivitat d'un peatge urbà és possibilitar l'actualització de les tarifes del peatge de forma periòdica, de manera que es permet adaptar la tarifa del peatge a les eventuales transformacions que mostri el trànsit de l'àrea afectada.

Singapur és l'únic cas on les tarifes s'actualitzen de forma periòdica, cada 3 mesos, de manera que es regula l'entrada de vehicles de tal manera que s'assoleixen velocitats òptimes de circulació (veure ANNEX I, cas de SINGAPUR).

L'import de la tarifa dels peatges urbans està estretament relacionat, a part del propi nivell econòmic de l'àrea on s'emplaça el peatge, amb l'objectiu intrínsec del peatge urbà (Pozueta, J., 2008):

- Aquells peatges urbans que tenen com a objectiu el recaptament de fons pel finançament d'infraestructures viàries o mesures de mobilitat, com és el cas dels peatges urbans Noruecs, presenten tarifes amb un import baix ja que permet mantenir una alta afluència de vehicles i, com a conseqüència, una elevada quantitat recaptada.
- D'altra banda, aquells peatges urbans que tenen com a finalitat reduir el volum de vehicles i la congestió derivada imposen tarifes dissuasives més elevades.

A continuació es mostren els detalls (concepte de tarifa i factors de variabilitat) de la tarifa de cadascun dels peatges urbans analitzats.

Com es pot observar, només els peatges urbans de Milà, Londres i Durham utilitzen tarifes diàries mentre que únicament el peatge urbà de La Valletta utilitza una tarifa d'estància. A més a més, aquets peatges són els únics que utilitzen tarifes fixes.

En els 11 casos dels peatges urbans amb tarifa variable, tots excepte els peatges suecs varien la tarifa en funció de la tipologia de tarifa. D'aquests 11 peatges urbans, més de la meitat (6 peatges) estableixen diferents tarifes en funció de l'hora mentre que només 3 peatges estableixen diferenciació per localització.

Peatge	Concepte de tarifa	Tarifa variable	Factors de variabilitat de la tarifa			Import (€)
			Hora	Tipologia de vehicle	Localització	
Singapur	Peatge	Si	✓	✓	✓	
Milà	Diària	No ¹	-	-	-	5
La Valletta	Estància	No	-	-	-	0,82€/hora
Bergen	Peatge	Si	✓	✓	✗	2,05-4,85 ²
Haugesund	Peatge	Si	✗	✓	✗	1,5-3 ³
Kristiansand	Peatge	Si	✓	✓	✗	1,51-2,27 ²
Namsos	Peatge	Si	✗	✓	✗	1,94-3,88 ³
Oslo	Peatge	Si	✗	✓	✓	1,73-3,45 ⁴
Stavanger	Peatge	Si	✗	✓	✗	2,16-5,39 ³
Tonsberg	Peatge	Si	✗	✓	✗	1,62-3,24 ³
Trondheim	Peatge	Si	✓	✓	✓	1,18-2,37 ²
Durham	Diària	No	-	-	-	2,56
Londres	Diària	No	-	-	-	14,72
Estocolm	Entrada / Sortida	Si	✓	✗	✗	1,62-3,77 ⁵
Göteborg	Entrada / Sortida	Si	✓	✗	✗	0,97-2,37 ⁵

1. Existeixen tarifes especials per a residents i vehicles de serveis.
2. Valors corresponents a la tarifa per vehicles lleugers i per a vehicles lleugers en hora punta (respectivament). També existeixen tarifes per a diferents zones i per vehicles pesants.
3. Valors corresponents a les tarifes per a vehicles lleugers i vehicles pesants respectivament.
4. Valors corresponents a la tarifa per a vehicles lleugers pels punts de control de Bærum i Oslo respectivament.
5. Valors corresponents a la tarifa en hora vall i hora punta (respectivament). Existeix una tarifa per a hores intermèdies (2,69 € a Estocolm i 1,72 € a Göteborg).

Taula 2-6: Tipologia de tarifa, factors de variabilitat de la tarifa (en cas de correspondre a una tarifa variable) i import de la tarifa dels diferents peatges urbans analitzats. Font: elaboració pròpia.

2.2.5 Vehicles subjectes al pagament del peatge i excepcions

A més a més d'establir-se, en alguns casos, tarifes diferents per a cada categoria, el conjunt de vehicles subjectes al pagament del peatge urbà determinen la acceptació social que la societat té dels peatges urbans així com la rendibilitat econòmica del propi peatge, ja que afecten directament als ingressos i, en la gran majoria dels casos, als costos operacionals del peatge (Pike, E., 2010).

A pesar de la gran variabilitat entre els diferents casos, en general trobem que els següents vehicles estan exempts del pagament del peatge urbà:

- Vehicles d'emergència, transport públics i vehicles governamentals
- Motocicletes i ciclomotors
- Vehicles estrangers, degut a l'alt cost que suposaria el recaptament de la tarifa fora de la frontera administrativa de l'entitat encarregada de gestionar el peatge urbà
- Vehicles d'emissions reduïdes, com a conseqüència dels beneficis ambientals que aquests poden generar
- Vehicles per discapacitats, per tal de minimitzar l'impacte del peatge sobre les classes més desfavorides socialment i econòmicament.

Les motocicletes i ciclomotors només paguen tarifa en el cas de Singapur. Tot i que originalment van estar exempts, es va decidir eliminar la exempció al observar el gran increment d'aquests vehicles que es va produir.

D'altra banda, a les zones de trànsit limitat de Roma (sistema semblant a un peatge urbà on es paga una tarifa anual per a circular dins de les zones restringides) es va haver de d'eliminar l'exempció per a motos i ciclomotors pel gran increment del nombre d'aquests vehicles i dels accidents que generaven.

A més a més, Singapur i Roma disposen d'un parc de motocicletes i ciclomotors molt més elevat que la resta de peatges urbans i molt més similar a la proporció que presenta la ciutat de Barcelona i voltants i, per tant, serà necessari analitzar la seva exempció del peatge.

Per exemple, a Roma durant l'any 2007 en mitjana es desplaçaven diàriament 1,9 milions cotxes i mig milió de motos (proporció de gairebé 4:1) mentre que a Londres, durant el mateix any, dins de l'àrea de la "Congestion Charge" els desplaçaments en cotxe representaven el 55% del total front el 5% de les motocicletes (proporció de 11:1).

A continuació es mostren els vehicles subjectes al pagament de la tarifa dels diferents peatges urbans analitzats.

Peatge	Vehicles / Usuaris subjectes al pagament del peatge						
	Motocicleta i ciclomotor	Vehicle lleuger	Vehicle pesant	Vehicle comercial	Vehicles d'emissions reduïdes	Vehicles de serveis públics	Residents
Singapur	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓
Milà	x	✓	✓	✓ ¹	x	x	✓ ¹
La Valletta	x	✓	✓ ²	x	x	x	x
Bergen	x	✓	✓ ³	✓	x	x	✓
Haugesund	x	✓	✓ ³	✓	x	x	✓
Kristiansand	x	✓	✓ ³	✓	x	x	✓
Namsos	x	✓	✓ ³	✓	x	x	✓
Oslo	x	✓	✓ ³	✓	x	x	✓
Stavanger	x	✓	✓ ³	✓ ⁴	x	x	✓
Tonsberg	x	✓	✓ ³	✓	x	x	✓
Trondheim	x	✓	✓ ³	✓	x	x	✓
Durham	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
Londres	x	✓	✓	✓	x	x	x ⁵
Estocolm	x	✓	x ⁶	✓	✓	x	✓
Göteborg	x	✓	x ⁶	✓	✓	x	✓

1. A pesar de estar subjectes al pagament del peatge, els vehicles comercials i residents disposen d'una tarifa reduïda.
2. Amb la excepció de vehicles amb una capacitat de 10 o més viatgers.
3. A aquells vehicles pesants que tinguin capacitat per a 9 o més viatgers (conductor inclòs) se'ls hi aplicarà un descompte a la tarifa del peatge.
4. Queden exclosos del pagament del peatge vehicles agrícoles o forestals.
5. Les persones residents dins de l'àrea restringida disposen d'un descompte del 90% respecte la tarifa base.
6. Queden exempts aquells busos, autocars i camions amb una massa superior a 14 tn.

Taula 2-7: Vehicles subjectes al pagament del peatge (✓) i excepcions (*) de cadascun dels peatges urbans analitzats. Font: elaboració pròpia.

2.2.6 Tecnologia emprada

Tal com es descriu a l'apartat 2.1.2, avui en dia s'empen dues tecnologies pel reconeixement dels vehicles que fan us de la xarxa viària en peatges urbans, les tecnologies DRSC i ANPR.

En el cas d'altres tecnologies, ja aplicades en peatges en entorns no urbans, s'està estudiant la seva aplicabilitat en sistemes de peatges urbans. Una d'aquestes tecnologies correspon al sistema de tarifació aplicat al transport de mercaderies a Alemanya basat en el Sistema de navegació per satèl·lit (GNSS), el qual permet establir l'import del peatge de forma completament proporcional a la distància recorreguda pel vehicle.

A la Taula 2-1 es mostren els avantatges i inconvenients d'aquestes tecnologies, que de forma resumida són:

- En relació a la tecnologia DRSC, presenta un menor cost operatiu, una alta efectivitat d'identificació i garanteix un major grau de privacitat. D'altra banda, requereix la utilització d'un dispositiu a bord específic, dificulta la incorporació de viatgers ocasionals i requereix la utilització de càmeres amb tecnologia ANPR per a la identificació d'infractors.
- En relació a les càmeres amb tecnologia ANPR, no requereixen que els vehicles disposin de cap tipus de tecnologia específica i facilita la incorporació de viatger ocasionals. Com a desavantatges, presenta un major cost operatiu derivat de la necessitat d'una base de dades, de la transmissió d'imatges i del post processament d'algunes matrícules.

A la següent taula es mostra la tecnologia utilitzada en cadascun dels peatges urbans analitzats. Dels 15 peatges analitzats:

- Només el peatge urbà de Singapur utilitza dispositius DRSC com a tecnologia principal del peatge. Les càmeres amb tecnologia ANPR són emprades únicament per a la identificació d'infractors.
- Un total de 6 peatges urbans utilitzen càmeres ANPR per a la identificació dels vehicles que accedeixen a l'àrea o vies restringides.
- Els peatges urbans de Noruega (un total de 8) combinen tecnologia DRSC i ANPR per a identificar els vehicles que circulen per les vies on estan emplaçats els punts de control. No obstant, les administracions responsables dels peatges urbans promouen la utilització de dispositius DRSC oferint descomptes als usuaris que optin per utilitzar-los.

Peatge	Tecnologia		Peatge	Tecnologia	
	ANPR	DRSC		ANPR	DRSC
Singapur	✓ ¹	✓	Stavanger	✓	✓
Milà	✓	×	Tonsberg	✓	✓
La Valletta	✓	×	Trondheim	✓	✓
Bergen	✓	✓	Durham	✓	×
Haugesund	✓	✓	Londres	✓	×
Kristiansand	✓	✓	Estocolm	✓	×
Namsos	✓	✓	Göteborg	✓	×
Oslo	✓	✓			

1. La utilització de càmeres amb tecnologia ANPR es limita a la identificació dels vehicles infractors.

Taula 2-8: Tecnologia emprada per cadascun dels peatges urbans analitzats. Font: Elaboració pròpia.

2.3 Costes associats als peatges urbans analitzats i estimació del costs d'un peatge urbà

L'objectiu d'aquest apartat és estimar, tant en termes d'inversió inicial com en termes de costos d'operació, el cost que tindria el model de peatge urbà de Barcelona proposat.

En primer lloc es recullen, de forma resumida, les dades sobre els diferents costos monetaris associats a la implementació i operació dels diferents peatges urbans analitzats. L'anàlisi detallat dels costos associats a cada peatge urbà es troben dins de l'ANNEX I.

Posteriorment, d'acord a l'anàlisi dels costos dels peatges urbans així com als diferents mètodes existents a la bibliografia relacionada, s'establirà el costs del model de peatge urbà a Barcelona proposat, el qual dependrà, entre altres, de:

- La grandària del peatge, determinant el nombre de punts de control requerits
- La tecnologia emprada
- L'eficiència del peatge (% de vehicles exempts, procés de verificació i cobrament del peatge, etcètera)

Per tal d'analitzar els costos associats als peatges urbans així com indicadors elaborats a partir d'aquests costos s'han utilitzat els costos originals (sense tenir en compte la inflació entre acumulada des de l'any de les dades i el període d'implementació del peatge) per tal de reflectir l'abaratiment dels diferents elements tecnològics.

2.3.1 Resum de costos d'implementació i operació associats als peatges existents

A les següent taula es mostren els costos associats a cada peatge juntament amb paràmetres relacionats amb la dimensió operacional dels peatges (nombre d'emplaçaments o portals i nombre de passades i transaccions diàries).

Peatge	Cost implementació (M€) ¹	Cost operació (M€ /any) ¹	% cost operació respecte ingressos	Nº Portals / Emplaçaments ²	Nombre de transaccions diàries	Nombre de passades diàries
LONDRES	234	124	40%	197 emplaçaments amb 700 càmeres	230.000	632.500
ESTOCOLM	200	24	23%	18 portals	350.000	350.000
GÖTEBORG	92	13	17%	40 portals	560.000	560.000
SINGAPUR	124	6	17%	66 portals	200.000	278.000
MILÀ	3	12	26%	43 punts d'entrada	49.000	92.000
OSLO	-	17	10%	19 portals	260.000	260.000
BERGEN	-	2	10%	6 portals	85.000	85.000
TRONDHEIM	-	2	10%	27 portals	51.000	51.000

Nota (1) = Costos actualitzats a € a l'any 2015 / Cost original. (2) = El nombre de portals o emplaçaments no correspon al nombre actual sinó al nombre de portals operatius als anys dels quals es disposen dades dels costos d'implementació associats al peatge.

Taula 2-9: Cost d'implementació i cost d'operació (tant en cost absolut com en % respecte els ingressos generats pel peatge) de diferents peatges analitzats juntament amb el nombre de portals/emplaçaments i passades diàries de cadascun d'aquests peatges. Font: Elaboració pròpia.

2.3.2 Estimació dels costos d'un peatge urbà

En aquest apartat es revisen diferents formulacions proposades per a estimar els diferents costos (tant d'implementació com operatius) d'un peatge urbà en fase de disseny per a les dues tecnologies considerades, ANPR i DSRC. Addicionalment, s'utilitzaran les dades sobre els costos dels diferents peatges urbans analitzats (resumits a l'apartat 2.3.1).

2.3.2.1 Cost d'implementació d'un peatge urbà

2.3.2.1.1 Cost d'implementació d'un peatge urbà amb tecnologia DSRC

Un peatge que utilitza tecnologia DSRC està format pels següents elements:

- Un dispositiu a bord, conegut com a "tag" o IVU ("In-Vehicle Unit")
- Un control d'accés vehicular que incorpora generalment:
 - Antenes i lectors amb tecnologia DSRC, els quals efectuen la comunicació amb el dispositiu a bord
 - Càmeres amb tecnologia ANPR per a la identificació dels vehicles que accedeixen a la zona restringida, permetent aplicar diferents tarifacions (per exemple un únic pagament en una hora) i excepcions així com detectar els vehicles infractors.

Pel que fa al dispositiu a bord (d'ara endavant ens referirem a ells com a IVU), existeixen diversos costos de referència englobats dins d'un rang entre 10 i 40 €, depenent de la font i les prestacions del IVU (IBI Group, 2006).

Els costos de referència actualitzats dels IVUs, els quals reflecteixen un cert abaratiment dels dispositius com a conseqüència de l'estat de maduresa d'aquesta tecnologia, s'estableixen entre 10 i 15 euros (4icom Steer Davies Gleave, 2015).

D'aquesta manera, es considerarà **12,5 euros** com a **cost de referència** per l'**IVU** a utilitzar hipotèticament en el model de peatge urbà de Barcelona proposat.

El **cost** dels **IVU's** a distribuir entre els usuaris del transport privat a la zona restringida pot ser **assumit** pels propis **usuaris** o bé per l'**entitat governamental** promotora del peatge urbà com bé és el cas de Singapur.

En el cas del model de peatge urbà de Barcelona proposat, s'assumeix que l'administració es farà càrrec del cost dels IVUs.

En relació als **punts de control d'accés vehicular**, diverses fonts bibliogràfiques estableixen costos de referència molt similars:

- A "TECHNOLOGY OPTIONS FOR THE EUROPEAN ELECTRONIC TOLL SERVICE STUDY" (Dionori, F. et al., 2014) estableix que el cost per carril d'un control d'accés, incloent-hi tant antenes com lectors DRSC així com una càmera ANPR, es troba entre 30.000 i 40.000 €.
- D'altra banda, "State Art Of Electronic Tolling" (4icom Steer Davies Gleave, 2015) situa el cost d'un control d'accés vehicular de tres carrils (amb tots els elements infraestructurals i tecnològics necessaris) entre 100.000 i 150.000 €, és a dir, entre 33.500 i 50.000 € per carril.

En conseqüència, s'assumeix **40.000 €** com a cost de referència per un carril d'un control d'accés vehicular equipats amb tecnologia DRSC.

En addició als elements que permeten la detecció i identificació dels vehicles que accedeixen a la zona restringida també és necessari disposar d'un **centre de control** que permeti, entre altres, la gestió dels vehicles exempts, el control de les transaccions monetàries, la tramitació i cobrament de les diferents sancions o bé la gestió d'incidències.

"State Art Of Electronic Tolling", document preparat per a la comissió europea, (4icom Steer Davies Gleave, 2015) estableix un cost d'entre 30 i 50M € en concepte de disseny, desenvolupament i comprovació d'un **sistema central de control** per un peatge amb **tecnologia DSRC** de lliure circulació. S'assumeix que el **cost** del sistema central de control és de **40M €**.

D'aquesta manera, havent monetitzat els diferents elements operacionals que conformen un peatge urbà amb tecnologia DSRC, podem deduir l'expressió que permet estimar el cost d'un peatge urbà d'aquesta tipologia:

$$\text{Cost d'implementació DSRC} = 12,5\text{€} \times N_V + 40.000\text{€} \times N_C + 40M\text{€}$$

On:

- El primer terme, $12,5\text{€} \times N_V$ correspon al cost total dels IVU's a distribuir entre els vehicles potencialment afectats, on N_V és el nombre total de vehicles i $12,5\text{€}$ correspon al cost unitari dels IVU's.
- El segon terme, $40.000\text{€} \times N_C$, correspon al cost total dels diferents punts de control d'accés vehicular, on N_C és el nombre total de carrils en punts de control d'accés vehicular i 40.000€ és el cost per carril d'un punt de control d'accés vehicular.
- El tercer terme, $40M\text{€}$, correspon al cost total del centre de gestió i control del peatge.

2.3.2.1.2 Cost d'implementació d'un peatge urbà amb tecnologia ANPR

L'estructura d'un peatge urbà amb tecnologia ANPR és relativament similar a la d'un peatge amb tecnologia DSRC. La principal diferència entre ambdós peatges és que el peatge amb tecnologia ANPR no requereix que els usuaris disposin de cap element o dispositiu per tal de poder accedir a la zona restringida.

Comparativament, el cost d'una càmera amb tecnologia ANPR és superior al cost d'un lector DSRC. De forma orientativa, a l'any 2008 (Eberline, A., 2008) el cost d'un lector DSRC era d'aproximadament 3.000 US\$ mentre que el cost d'una càmera ANPR era de 20.000 US\$.

En conseqüència, els **punts de control d'accés vehicular** equipats amb la tecnologia perquè el peatge funcioni exclusivament amb tecnologia ANPR presenten un cost superior a aquells equipats per funcionar amb tecnologia DSRC.

En aquest cas, "State Art Of Electronic Tolling" (4icom Steer Davies Gleave, 2015) situa el preu d'un control d'accés vehicular de tres carrils (amb tots els elements infraestructurals i tecnològics necessaris, incloent-hi dues càmeres per carril) entre 150.000 i 300.000 €, és a dir, entre 50.000 i 100.000 € per carril. S'assumeix **75.000 €** com a cost de referència per a un carril d'un control d'accés vehicular equipat amb sistemes amb tecnologia ANPR.

De forma similar, el cost total d'un **sistema central de control** per un peatge amb **tecnologia ANPR** és major al d'un peatge amb tecnologia DSRC. En

aquest cas, el cost total oscil·la entre 30 i 70M€ de manera que s'assumeix **50 M€** com a **cost total del sistema central de control**.

Un cop establert el cost dels diferents elements que conformen un peatge urbà amb tecnologia ANPR, l'expressió que ens permet estimar el cost d'implementació del peatge és:

$$\text{Cost d'implementació ANPR} = 75.000\text{€} \times N_C + 50\text{M€}$$

On:

- El primer terme, $75.000\text{€} \times N_C$, correspon al cost total dels diferents punts de control d'accés vehicular, on N_C és el nombre total de carrils en punts de control d'accés vehicular i 75.000€ és el cost per carril d'un punt de control d'accés vehicular.
- El tercer terme, 50M€, correspon al cost total del centre de gestió i control del peatge.

2.3.2.2 Cost d'operació d'un peatge urbà

El cost d'operació d'un peatge urbà depèn de multitud d'aspectes de manera que és complicat utilitzar els costos d'operació dels peatges actuals per tal d'estimar el cost d'un nou peatge.

Entre altres, alguns dels factors que condicionen el cost d'operació d'un peatge són:

- La tipologia de la tarifa, ja que estableix la relació entre el volum de tarifes recol·lectades i el volum de passades analitzades.
- El percentatge de vehicles exempts degut a que de forma similar a la tipologia de tarifa, determina la relació entre el volum de tarifes recol·lectades i el volum de passades analitzades.
- Els canals de pagament donat que comporten diferents costos associats. Per exemple, al document "Road Charging Options Study: Scheme Design and Costing. Review of the Operational and Business Requirements of a Road Charging Scheme" (Deloitte, 2014) s'estableix pel cas de Nova Zelanda el cost per transacció amb diferents canals de pagament. En el cas de realitzar el pagament via internet el cost és de 0,14\$, per un pagament físic en una botiga el cost és de 0,35\$ mentre que un pagament realitzat mitjançant una trucada comporta un cost de 2,7\$.

Per tal de comparar el cost d'operació dels diferents peatges s'utilitza el **cost per transacció** com a indicador. Com que els diferents peatges urbans presenten diferents relacions entre el volum de transaccions i el volum de

passades diàries, també s'utilitza el cost per passada com a indicador del cost d'operació dels peatges urbans.

A la següent taula es mostren el cost per transacció/passada dels peatges urbans estudiats.

Peatge	Cost operació any (M€)	Nombre de passades diàries (veh.)	Cost per passada (€)	Nombre de transaccions diàries (veh.)	Cost per transacció (€)	Transaccions / Passades diàries
LONDRES	124	632.500	0,78	230.000	2,16	0,36
ESTOCOLM	24	350.000	0,27	318.500	0,30	0,91
GÖTEBORG	13	560.000	0,09	240.000	0,22	0,43
MILÀ	6	92.000	0,26	49.000	0,49	0,53
SINGAPUR	12	278.000 ¹	0,14 ¹	278.000	0,14	1 ¹
1OSLO	17	260.000 ¹	0,26 ¹	260.000	0,26	1 ¹
BERGEN	2	85.000 ¹	0,08 ¹	85.000	0,08	1 ¹
TRONDHEIM	2	51.000 ¹	0,15 ¹	51.000	0,15	1 ¹

Taula 2-10: Cost per transacció i cost per passada dels peatges urbans analitzats. Nota (1) = Dades de relació entre nombre de passades i transaccions no disponibles. No obstant, al tractar-se de peatge amb un nombre reduït d'excepcions s'ha considerant que el nombre de transaccions equival al nombre de passades. Font: Elaboració pròpia.

Per analitzar com afecta la tipologia de tarifa o bé la tecnologia emprada en els costos d'operació d'un peatge urbà, a continuació s'agrupen els diferents peatges segons tecnologia emprada i tipologia de tarifa utilitzada.

A la següent taula es mostra el cost per passada i per transacció dels diferents peatges agrupats per tecnologia emprada, incloent-hi el cost mitjà de cada tecnologia.

Peatge	Cost operació any (M€)	Cost per passada (€)	Cost / passada mitjà (€)	Cost per transacció (€)	Cost / transacció mitjà (€)	Tecnologia emprada
LONDRES	124	0,78		2,16		ANPR
ESTOCOLM	24	0,27	0,35	0,30	0,79	
GÖTEBORG	13	0,09		0,22		
MILÀ	6	0,26		0,49		
SINGAPUR	12	0,14	0,14	0,14	0,14	DSRC
OSLO	17	0,26		0,26		DSRC + ANPR
BERGEN	2	0,08	0,17	0,08	0,17	
TRONDHEIM	2	0,15		0,15		

Taula 2-11: Cost per passada i cost per transacció de diferents peatges agrupats per tecnologia juntament amb el cost mitjà per a cada tecnologia emprada. Font: Elaboració pròpia.

Com es pot observar a la taula anterior, els peatges amb tecnologia ANPR presenten els majors costos per passada (0,79 €) i per transacció (0,35€) en mitjana, el qual reflecteix el cost associat al processament de les imatges dels diferents vehicles que accedeixen a la zona restringida del peatge urbà.

D'altra banda, aquells peatges que utilitzen tecnologia DSRC presenten costos per passada i transacció inferiors. En particular, el peatge de Singapur, el qual només fa ús de tecnologia DRSC, presenta els menors costos d'operació associats (0,14 € per passada/transacció).

En un punt mig es troben els peatges Noruecs (0,17 € per passada/transacció), els quals utilitzen les dues tecnologies. Tot i que el cost per passada/transacció és pràcticament el mateix que el cost del peatge de Singapur, el major cost reflecteix el petit percentatge d'usuaris que empen la tecnologia ANPR enfront de la tecnologia DSRC amb IVU's.

A la següent taula es mostra el cost per passada i per transacció dels diferents peatges agrupats per tipologia de tarifa, incloent-hi el cost mitjà per a cada tipologia de tarifa.

Peatge	Cost operació any (M€)	Cost per passada (€)	Cost / passada mitjà (€)	Cost per transacció (€)	Cost / transacció mitjà (€)	Tipologia de tarifa
LONDRES	124 / 124	0,78	0,52	2,16	1,32	Tarifa diària
MILÀ	6 / 6	0,26		0,49		
ESTOCOLM	28 / 24	0,27	0,17	0,30	0,19	Tarifa per desplaçament restringida
GÖTEBORG	13 / 13	0,09		0,22		
SINGAPUR	14 / 12	0,14		0,14		
OSLO	20 / 17	0,26		0,26		
BERGEN	2,3 / 2	0,08		0,08		
TRONDHEIM	2,3 / 2	0,15	0,15			

Taula 2-12: Cost per passada i cost per transacció de diferents peatges analitzats agrupats per tipologia de peatge juntament amb el cost mitjà d'operació de cada tipologia. Font: Elaboració pròpia.

La Taula 2-12 reflecteix el major cost per transacció/passada dels peatges que utilitzen tarifes diàries front aquells peatges que tarifen en funció del nombre de desplaçaments realitzats pel vehicle amb restriccions com, per exemple, quantitats diàries màximes o bé un únic cobrament durant una hora.

Aquest major cost reflecteix la menor proporció de transaccions / passades que presenten els peatges amb tarifes diàries, ja que aquesta menor proporció es tradueix, en mitjana, en un menor nombre de tarifes pagades per desplaçament.

Com ja s'ha comentat a l'inici d'aquest apartat, extrapolar els costos d'operació en base als costos dels peatges actuals pot portar a cometre errors d'estimació. El document "State Art Of Electronic Tolling" (4icom Steer Davies Gleave, 2015), emprat per estimar el cost d'implementació d'un peatge urbà segons la seva tecnologia, també inclou informació sobre com estimar el cost d'operació dels peatges.

En aquest cas, la metodologia escollida per estimar els costos d'operació consisteix en **estimar** els **costs** en base a la informació inclosa a la referència nombrada al paràgraf anterior i **comparar** els costos obtinguts amb les **mètriques** observades als **peatges actuals**.

2.3.2.2.1 Cost d'implementació d'un peatge urbà amb tecnologia DSRC

Al document "State Art Of Electronic Tolling" (4icom Steer Davies Gleave, 2015) s'inclouen els costos d'operació associats als diferents elements que conformen un peatge urbà amb tecnologia DSRC:

- El IVU's no requereix cost d'operació. No obstant, la vida útil mitjana d'un IVU es troba entre els 5 i 10 anys (Dionori, F. et al., 2014).
- El cost d'operació anual associat als punts de control d'accés vehicular representen un 15% del cost d'implementació d'aquesta unitat. Per tant, el cost d'operació per carril de punt de control d'accés vehicular és de **6.000 €** (15% de 40.000 €).
- El cost d'operació anual associat al sistema central de control és d'entre 3 i 6 M€, en conseqüència, s'assumeix **4,5 M€** com el cost d'operació anual associat al centre de control central.
- Pel que fa al cost de les transaccions realitzades, representa entre un 1 i un 4% de l'import de la transacció, de manera que s'assumeix que el cost per transacció és del **2,5%** de l'import de la pròpia transacció.

Per tant, el cost d'operació anual d'un peatge urbà amb tecnologia DRSC és:

$$\text{Cost d'operació DSRC} = 6.000\text{€} \times N_C + 4,5 \text{ M€} + 0,025 \times N_T \times T \times D_{Op}$$

On:

- El primer terme, $6.000\text{€} \times N_C$, correspon al cost d'operació total dels diferents punts de control d'accés vehicular, on N_C és el nombre total de carrils en punts de control d'accés vehicular i 6.000€ és el cost d'operació anual per carril d'un punt de control d'accés vehicular.
- El segon terme, 4,5 M€, correspon al cost d'operació anual del centre de gestió i control del peatge.
- El tercer terme, $0,025 \times N_T \times T \times D_{Op}$ correspon al cost total anual de les transaccions realitzades on N_T és el nombre de transaccions diàries, T és l'import de la tarifa (per transacció) i D_{Op} és el nombre de dies durant un any en els quals el peatge urbà està operatiu.

2.3.2.2.2 Cost d'implementació d'un peatge urbà amb tecnologia ANPR

De forma idèntica al cas anterior, el document "*State art of electronic tolling*" inclou els costos d'operació associats als diferents elements que conformen un peatge urbà amb tecnologia ANPR:

- El cost d'operació anual associat als punts de control d'accés vehicular representen un 15% del cost d'implementació d'aquesta unitat. Per tant, el cost d'operació per carril de punt de control d'accés vehicular és de **11.250 €** (15% de 75.000 €).
- El cost d'operació anual associat al sistema central de control és del 15% del cost d'implementació del propi sistema, en conseqüència,

s'assumeix **7,5 M€** (15% de 50 M€) com el cost d'operació anual associat a al centre de control central.

- Pel que fa al cost de les transaccions realitzades, representa entre un 1 i un 4% de l'import de la transacció, de manera que s'assumeix que el cost per transacció és del **2,5%** de l'import de la pròpia transacció.

Per tant, el cost d'operació anual d'un peatge urbà amb tecnologia ANPR és:

$$\text{Cost d'operació ANPR} = 11.250\text{€} \times N_C + 7,5 \text{ M€} + 0,025 \times N_T \times T \times D_{Op}$$

On:

- El primer terme, $11.250\text{€} \times N_C$, correspon al cost d'operació total dels diferents punts de control d'accés vehicular, on N_C és el nombre total de carrils en punts de control d'accés vehicular i 11.250€ és el cost d'operació anual per carril d'un punt de control d'accés vehicular.
- El segon terme, $7,5 \text{ M€}$, correspon al cost d'operació anual del centre de gestió i control del peatge.
- El tercer terme, $0,025 \times N_T \times T \times D_{Op}$ correspon al cost total anual de les transaccions realitzades on N_T és el nombre de transaccions diàries, T és l'import de la tarifa (per transacció) i D_{Op} és el nombre de dies durant un any en els quals el peatge urbà està operatiu.

Tal com es detalla a l'apartat 4.3.3.5, s'ha incrementat el cost d'operació dels sistema central, tant per tecnologia DSRC i ANPR, proporcionalment al rati observat entre el nombre total de vehicles que circulen per la zona afectat i el nombre total de vehicles afectats.

2.4 Elasticitat de la demanda del transport privat dels peatges analitzats

En aquest apartat s'analitzen les elasticitats de la demanda de transport privat dels diferents peatges urbans analitzats amb l'objectiu d'establir l'elasticitat de la demanda de transport privat d'un peatge urbà a Barcelona.

El concepte d'elasticitat de la demanda fa referència a quant de sensible és la demanda a canvis en altres variables econòmiques, com poden ser el preu del producte o bé els ingressos mitjans dels consumidors. La fórmula per calcular de forma genèrica l'elasticitat de la demanda és:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta Q_d / Q_d}{\Delta P / P}$$

On:

- $\Delta Q_d / Q_d$ representa percentualment la variació en la quantitat de producte demandada, essent ΔQ_d la variació de quantitat demandada i Q_d la quantitat demanda prèvia a la variació.
- $\Delta P / P$ representa percentualment la variació en la variable econòmica (generalment el preu del producte), on ΔP és la variació de la variable i P és el valor de la variable previ a la variació.

En el nostre cas, analitzem l'elasticitat de la demanda de transport privat a variacions del cost per desplaçament del transport privat com a conseqüència de la introducció d'un peatge urbà.

En conseqüència, la variable Q_d correspon al **nombre de desplaçaments** realitzats i P el **cost mitjà del desplaçament** en transport privat, de manera que l'**increment del cost** (ΔP) correspon al import de la **tarifa del peatge**.

La fórmula utilitzada per deduir el valor de l'elasticitat en la majoria dels casos és:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta \text{Desplaçaments}}{\left(\frac{\text{€ Peatge}}{\text{€ Viatge}} \right) \cdot n^\circ \text{ Desplaçaments}}$$

A continuació s'analitza l'elasticitat de la demanda de transport privat de diferents peatges.

2.4.1 Londres

L'any 2008 TfL va a dur a terme un estudi on es calculava l'elasticitat de la demanda de transport en cotxe a l'àrea restringida per la "Congestion Charge" (TfL, 2008).

La metodologia de càlcul consisteix en el càlcul d'elasticitats a partir de variacions de volum i de l'increment del cost de viatge com a conseqüència de la introducció de la taxa per a tres casuístiques diferents:

- Càlcul de la elasticitat entre abans de la introducció del peatge i després d'introduir la primera tarifa (5 lliure esterlines, aprox. 6,4€¹).
- Càlcul de la elasticitat entre la introducció de la primera tarifa i després d'augmentar la tarifa, passant de 5 a 8 lliure esterlines, és a dir, de 6,4 a 10,24 €.
- Càlcul de la elasticitat entre abans de la introducció del peatge i després d'augmentar la tarifa (8 lliure esterlines, aprox. 10,24€).

A més a més, TfL va dur a terme el càlcul d'elasticitats per a diferents hipòtesis de distància de trajecte i nombre mitjà de trajectes per dia juntament amb altres hipòtesis com per exemple comptabilitzar dins dels costos del viatge el cost mitjà per aparcament.

En el cas de Londres, tenint en compte l'impacte que suposa que els residents tinguin un 90% de descompte respecte la tarifa base, es va calcular les elasticitats, en totes les possibles combinacions d'hipòtesis, per als vehicles subjectes al pagament de la tarifa i per al conjunt total de vehicles.

Els resultats de l'anàlisi realitzat es mostra a la següent taula.

Area	Elasticity wrt to money cost			Assumptions			Elasticity chargeable car trips only			all car trips		
	fuel	parking	gen cost time	trip length km	trips per day	other	£0 - £5	£5 - £8	£0 - £8	£0 - £5	£5 - £8	£0 - £8
CCZ	✓			17	2.5		-0.55	-0.16	-0.47	-0.35	-0.09	-0.29
	✓			17	2		-0.48	-0.15	-0.42	-0.30	-0.09	-0.26
	✓			20	2.5		-0.61	-0.18	-0.51	-0.39	-0.10	-0.32
	✓			15	2.5		-0.51	-0.16	-0.44	-0.32	-0.09	-0.28
	✓			20	2		-0.53	-0.16	-0.45	-0.33	-0.09	-0.28
	✓			15	2		-0.45	-0.15	-0.40	-0.29	-0.08	-0.25
	✓		✓	17	2.5	parking charges averaged across all car trips	-0.89	-0.25	-0.72	-0.57	-0.14	-0.45
	✓		✓	17	2.5	charge cost = £5 plus 0.5*actual charge	-0.43	-0.39	-0.44	-0.28	-0.22	-0.28
	✓	✓		17	2.5	charge cost = £5 plus 0.5*actual charge plus parking charges	-0.68	-0.56	-0.67	-0.43	-0.32	-0.42
	✓		✓	17	2.5	non-business car value of time = £10.8 per hour	-3.18	-0.54	-2.12	-2.02	-0.31	-1.34

Figura 2-4: Elasticitats estimades en base a diferents suposicions. Font: TfL (2008).

Els valors mitjans de l'elasticitat per l'augment de tarifa de 0 a 8 lliures esterlines és:

- Si es consideren **únicament els vehicles afectats** la elasticitat correspon a **-0,47** amb un rang entre -0,4 i 0,51 amb la consideració de les diferents hipòtesis.
- Si es consideren la totalitat dels desplaçaments en cotxe, s'obté una elasticitat menor de **-0,29** amb un rang de valors per les diferents hipòtesis de -0,25 a -0,32.

¹ Conversió realitzada a partir del canvi de GBP a Euro del 18 de Març de 2016 (1 GBP = 1,28 euros).

2.4.2 Estocolm

A l'estudi *"The Stockholm congestion charges—5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt"* (Börjesson, M., Eliasson, J., Hugosson, M. B., & Brundell-Freij, K., 2012) s'analitza l'evolució de la demanda del transport en vehicle privat des d'abans de la implantació del peatge urbà fins l'any 2010.

L'estimació de la elasticitat es va dur a terme mitjançant la variació observada en el nombre diari de passatges pel cordó ajustant-la als següents factors externs:

- Nombre de llocs de treball al comtat d'Estocolm
- Nombre de vehicles privats per persona ocupada
- Preu del carburant

En el càlcul de les elasticitats també es van considerar altres factors que podien determinar l'impacte de la tarifa i, com a conseqüència, el nombre de passatges.

Alguns d'aquests factors són la inflació, per la qual es reduïa la tarifa del peatge en un 2% cada any, el nombre anual de vehicles exempts del pagament del peatge o bé el fet que les taxes del peatge fossin deduïbles per a una sèrie de col·lectius.

Per a representar l'impacte sobre el cost total de viatge que representava la **tarifa mitjana**, Börjesson et al (2012) van estimar la distància mitjana per viatge per a cada any, arribant a la conclusió que aquesta distància no va variar durant el període d'estudi, corresponent a 13 km. Per al càlcul del cost de peatge es va utilitzar un cost marginal de conducció de 0,15€/km.

A la següent taula es mostra les elasticitats, ajustades a factors externs, per a vehicles no exempts.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Inflation (compared to 2006)			2.21%	5.77%	5.43%	6.77%	9.01%
Company cars (share of all cordon passages)		23%	23%	23%	23%	23%	23%
Clean cars (share of all cordon passages)		3%	9%	12%	14%	12%	10%
Company cars that are not "clean cars"		21%	16%	14%	12%	13%	15%
Real charge reduction factor due to company cars			0.89	0.90	0.92	0.91	0.89
Real charge reduction factor due to tax deductability			0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Real charge adjustment factor (total)		1	0.82	0.81	0.83	0.80	0.78
average charge, real terms		1.28	1.06	1.04	1.06	1.03	0.99
average total trip cost, real terms	1.95	3.23	3.01	2.99	3.01	2.98	2.94
Reduction of non-exempt traffic, adjusted for external factors (from table 2)		-29.7%	-27.5%	-28.1%	-30.7%	-29.8%	-29.8%
Elasticity		-0.70	-0.74	-0.77	-0.85	-0.83	-0.86

Taula 2-13: Càlcul de la elasticitat de la demanda de transport privat en diferents anys d'operació del peatge urbà d'Estocolm. Font: Börjesson et al (2012).

Tal com s'observa a la Taula 2-13, al contrari de les primeres estimacions realitzades, lluny de disminuir al amb el pas del temps, l'efecte del peatge augmenta paulatinament des de la seva introducció fins a establir-se al voltant de **-0,85**. L'elasticitat mitjana des de la introducció del peatge és de **-0,81**.

Börjesson et al (2012) van analitzar també quina seria l'elasticitat del vehicle privat, ja que es va observar que el trànsit comercial, el qual representava un 35% dels passatges, era més sensitiu als costos. Les elasticitats obtingudes corresponen a -1,27 per l'any 2006 i -1,9 des de l'any 2009 fins al 2011.

2.4.3 Göteborg

A pesar de que existeix poca informació respecte l'elasticitat associada al peatge urbà de Göteborg, al projecte dut a terme per Durakovic, E. i Swahn, L. E. (2014) es fa una estimació de l'elasticitat de la mobilitat en transport privat a la ciutat de Göteborg.

Pel càlcul de la elasticitat associada a la reducció del nombre de vehicle observats als diferents punts de control es va utilitzar la següent fórmula:

$$\varepsilon_p = \frac{\Delta Desplaçaments}{\left(\frac{\text{€ Peatge}}{\text{€ Viatge}}\right) \cdot n^\circ Desplaçaments}$$

A partir de les dades utilitzades per al càlcul de l'elasticitat, les quals es mostren a la Taula 2-14, es obtenir una elasticitat de -0,697.

Traffic Change	
Traffic volume change ¹	-10.09% (Average toll of 13 SEK)
Traffic volume elasticity	-0.697
Change in vehicle trips (Daily average) ¹	-77 619
Total amount of vehicle trips (Daily average, 2012) ¹	769 031
Average toll ²	13 SEK
Trip cost ³	31 SEK/Scandinavian mile

Taula 2-14: Font: Durakovic, E., Swahn, L. E. (2014). Nota: (1) = Dades de trànsit recol·lectades per l'Administració de carreteres sueca. (2) = Tarifa mitjana entre les diferents tarifes observades als diferents punts de control. (3) = Costos mitjans associats al Volvo V70, assumit com a una bona aproximació del cotxe mig a Suècia.

2.4.4 Trondheim

En el cas del peatge urbà de Trondheim, al l'igual que amb l'impacte sobre mobilitat, les úniques dades d'elasticitat disponibles corresponen a l'anàlisi de l'eliminació del 1er peatge urbà de Trondheim (Meland, S., Tretvik, T. & Welde, M., 2010).

En aquest cas, l'estimació de la demanda s'ha realitzat utilitzant les dades sobre tots els desplaçaments dintre de Trondheim ja que el peatge cobreix gairebé tot el municipi.

A partir de la longitud mitjana per viatge abans i després de l'eliminació del peatge (10,6 i 10,57 km respectivament) es va estimar la reducció dels costos del vehicle per viatge.

Adicionalment, també es va realitzar una estimació de les elasticitats on els usuaris tenien en compte el valor del temps pels diferents usuaris. Les elasticitats pels dos càlculs corresponen a:

- -0,22 si els conductors no consideren el cost del temps
- -0,59 si els conductors consideren el cost del temps

2.4.5 Singapur

El cas del "Electronic Road Pricing" de Singapur presenta la particularitat de que, a diferencia de la resta de casos analitzats, la estimació d'elasticitats es va

realitzar considerant la l'evolució de la tarifa en comparació amb els peatges anteriors.

Olszewski i Xie (2005) van presentar un seguit d'estimacions d'elasticitat a partir dels volums dels diferents tipus de vehicles en diferents hores i punts de la ciutat.

A la Taula 2-15 es mostra el valor de l'elasticitat per a diferents vehicles en autopistes i al cordo central. A la Taula 2-16 es mostra les elasticitats per a cotxes i altres vehicles en funció de la franja horària.

Vehicle category	Restricted Zone	Expressways
Cars	-0.106	-0.195
Motorcycles	-0.040	-0.134
Taxis	-0.015	-0.112
LGVs	-0.023	-0.044
HGVs and buses	-0.007	-0.109
All vehicles	-0.069	-0.151

Taula 2-15: Elasticitats per a diferents tipologies de vehicles segons àrea durant la punta del matí. Font: Olszewski, P.S. & Xie, L. (2005).

Time period	Cars	Other vehicles	All vehicles
7:30-9:30	-0.106	-0.019	-0.069
9:30-15:00	-0.082	-0.080	-0.083
15:30-17:30	-0.123	-0.151	-0.143
17:30-19:00	-0.324	-0.189	-0.265
7:30-19:00	-0.123	-0.106	-0.118

Taula 2-16: Elasticitat segons franja horària i tipologia de vehicle (cotxe /altres vehicles). Font: Olszewski, P.S. & Xie, L. (2005).

De dades mostrades en les taules anteriors, se'n desprenen les següents conclusions:

- L'elasticitat a les autopistes és més gran que al cordó central, conseqüència del major nombre d'opcions de canvi de ruta que presenten les primeres.
- L'elasticitat pel pic del matí és menor que l'elasticitat pel pic de la tarda (-0,106 i -0,324 respectivament per cotxes) ja que els viatges al pic del matí presenten menys opcions de ser reprogramades.
- Els cotxes són el vehicle amb majors elasticitats, fet que s'exagera si es compara amb vehicles de trànsit comercial (taxis, vehicles pesants, vehicles lleugers de transport, etc).

No obstant, l'aplicabilitat directe d'aquestes dades és reduïda ja que, a diferència de la resta d'elasticitats analitzades, en aquest cas només s'ha considerat la variació relativa de la tarifa **sense considerar el cost total** del viatge. Per a poder comparar aquestes elasticitats amb la resta, s'hauria

d'estimar quin és el cost mitjà dels diferents vehicles a Singapur que accedeixen a l'àrea restringida.

2.4.6 Resum dels casos analitzats i estimació de la elasticitats del model de peatge urbà de Barcelona proposat

La següent taula agrupa les elasticitats observades en els peatges urbans analitzats. Addicionalment, la taula inclou diversos detalls relacionats amb el procés d'obtenció d'aquestes elasticitats (cost i vehicles considerats, indicador de mobilitat, tarifa considerada, etc.).

Peatge	Tipus de peatge	Tarifa ⁶	Elasticitat	Cost considerat	Indicador de mobilitat considerat	Vehicles considerats
Londres	Àrea	8 £ (10,24 € ¹)	-0,47 (només veh. afectats) -0,29 (tots vehicles)	Increment sobre cost total	Nº vehicles que accedeixen a zona	Tots vehicles / Només vehicles afectats
Estocolm	Cordó	20 – 10 SEK (2,16 – 1,08€ ²) 60 SEK (6,47€ ³)	-0,81 (tenint en compte efecte de veh. exempts i altres factors)	Increment sobre cost total	Nº vehicles que accedeixen a zona	Només vehicles afectats
Göteborg	Cordó	20 – 10 SEK (2,16 – 1,08€ ²) 60 SEK (6,47€ ³)	-0,697	Increment sobre cost total	Nº vehicles que accedeixen a zona	Nombre total de vehicles
Trondheim	Via / Cordó	8,18 NOK (0,88€ ⁴)	-0,22 (sense considerar el cost del temps)	Increment sobre cost total	Nombre de viatge en cotxe a Trondheim ≈ Zona afectada	Nombre total de vehicles
Singapur	Via / Cordó	2,5 – 1 S\$ (1,63 – 0,65 €) ⁵	-0,106 (pic del matí, només cotxes) ⁷ -0,324 (pic del matí, només cotxes) ⁷	Només increment de tarifa	Nombre de vehicles per hora en zones afectades	Nombre total de vehicles

Taula 2-17: Elasticitats observades en els peatges urbans analitzats i condicions de càlcul. Nota = (1) : Conversió realitzada a partir del canvi de GBP a Euro del 18 de Març de 2016 (1 GBP = 1,28 euros). (2) : Conversió realitzada a partir del canvi de SEK a Euro del 19 de Març de 2016 (1 SEK = 0,10783 euros). (3) : Valor corresponent a la màxima tarifa diària. (4) : Canvi de divisa del 15/4/2016 a les 15/4/2016 9:18:43 equivalent a 1 € = 0,10785 NOK. Tarifa corresponent a la tarifa mitjana. (5) : Canvi utilitzat a 1 S\$ = 0,65 €. (6) : Tarifa en moment d'estimació del càlcul de l'elasticitat. (7) : En el càlcul d'aquestes elasticitats no es considera el cost total del viatge.

Pel tal d'estimar l'elasticitat del hipotètic peatge urbà de Barcelona s'utilitzaran tots els casos analitzats excepte **Singapur** a causa de que les elasticitats han estat calculades com a **variació** de la **tarifa del peatge** en lloc d'utilitzar l'increment del cost total del viatge.

D'altra banda, pel peatge d'Estocolm s'ha escollit l'elasticitat en la qual els usuaris no consideren el valor del temps que empren en desplaçar-se atès que a l'hora d'estimar el cost per desplaçament dels usuaris que es desplacen per Barcelona no s'ha considerat el valor del temps de desplaçament.

Així mateix, en els cassos de Trondheim i Göteborg, per raó del menor nombre de vehicle exempts és menor. En conseqüència es pot considerar que l'elasticitat estimada considerant només vehicles afectats és aproximadament la mateixa que si es calculés considerant la totalitat de vehicles.

En el cas d'Estocolm, s'ha escollit utilitzar l'elasticitat mitjana des de la implementació del peatge urbà (-0,81) en comptes de l'elasticitat màxima observada (-0,85) ja que permet reflectir l'increment progressiu de la elasticitat.

També és important mencionar que les elasticitats de llarga durada (i.e. quan el peatge ja porta temps establert) són majors (en valor absolut) a les elasticitats observades immediatament després d'implementar el peatge, fet que es pot observar clarament a la Taula 2-13.

Aquest fenomen és conseqüència del fet que, a curta durada, els usuaris no poden ajustar-se a la introducció d'un peatge urbà mitjançant canvis de localització, treball o tipus de vehicle.

Finalment, la següent taula mostra les elasticitats de demanda de transport privat dels peatges urbans analitzats.

Ciutat	Elasticitat*
Londres	-0,47
Estocolm	-0,81
Göteborg	-0,68
Trondheim	-0,22
Barcelona	-0,55

Taula 2-18: Elasticitats observades als diferents peatges urbans analitzats. Nota: Aquestes elasticitats només consideren els vehicles afectats pel peatge. Font: Elaboració pròpia.

S'ha elegit pel model de peatge urbà de Barcelona proposat una elasticitat de -
0,55 corresponent a la mitjana dels valors observats als peatges urbans
analitzats.

3 Àmbit del peatge urbà

Barcelona és una de les ciutats europees de major rellevància, considerada com a un important centre cultural, financer, comercial i turístic. Amb una població de 1.608.746 (al gener de 2016) (Instituto Nacional de Estadística, 2017), Barcelona és la ciutat més poblada de Catalunya, la segona de l'estat espanyol i la onzena de la Unió Europea.

L'entorn urbà de la ciutat de Barcelona es coneix com a Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB). Amb una població de 3,2 milions d'habitants a l'any 2012, l'**AMB concentra** aproximadament la **meitat del PIB i llocs de treball de Catalunya** (Àrea Metropolitana de Barcelona, 2017) en un 2% de la superfície total de la pròpia comunitat autònoma.

Com a conseqüència d'aquesta important concentració demogràfica i econòmica, l'AMB i, en concret, la ciutat de Barcelona generen diàriament un gran nombre de desplaçaments.

Des de l'any 2013 s'ha observat a Barcelona i al seu entorn un important creixement del nombre de desplaçaments en vehicle privat, fruit de la recuperació econòmica del país, arribant pràcticament a nivells anteriors a la crisi econòmica més recent.

Com a conseqüència d'aquest elevat nombre de desplaçaments, un elevat nombre de les infraestructures viàries d'accés a la ciutat de Barcelona presenten intensitat de circulació properes a la capacitat màxima de les pròpies infraestructures (Muñoz, T., 2016).

La saturació gradual de les principals vies d'accés a la ciutat ha incrementat la congestió experimentada pels usuaris d'aquestes vies. Com a mostra, a l'**any 2016** es va observar als accessos de la ciutat de Barcelona un **augment de la congestió del 28%**, perdent-se al final de l'any un total de 13 milions d'hores (unes 52.000 hores cada dia) equivalent a 137 M€, un **0,1% del PIB de Catalunya** a l'any 2016 (RACC, 2016a).

Barcelona i el seu entorn urbà, de forma similar a la resta de grans ciutats europees, presenten una concentració de contaminants atmosfèrics superior al límit admissible legislat per la Unió Europea (Departament de Territori i Sostenibilitat, 2015).

En particular, Barcelona i el seu entorn urbà presenten alts nivells de concentració de dos dels contaminants atmosfèrics més nocius per l'esser humà: els òxids de nitrogen (NO_x) i les partícules en suspensió menors a 10 mil·límetres (PM_{10}).

Tant els òxids de nitrogen com les partícules en suspensió tenen origen en la **combustió de carburants**, tot i que les partícules també es generen a partir del desgast pneumàtics, frens i paviment. A la Figura 3-1 es mostra l'origen de les emissions de NO_x i PM_{10} a l'entorn urbà de Barcelona, on s'observa que la **meitat** de les **emissions** d'aquests **contaminants** són generades pel **transport terrestre**.

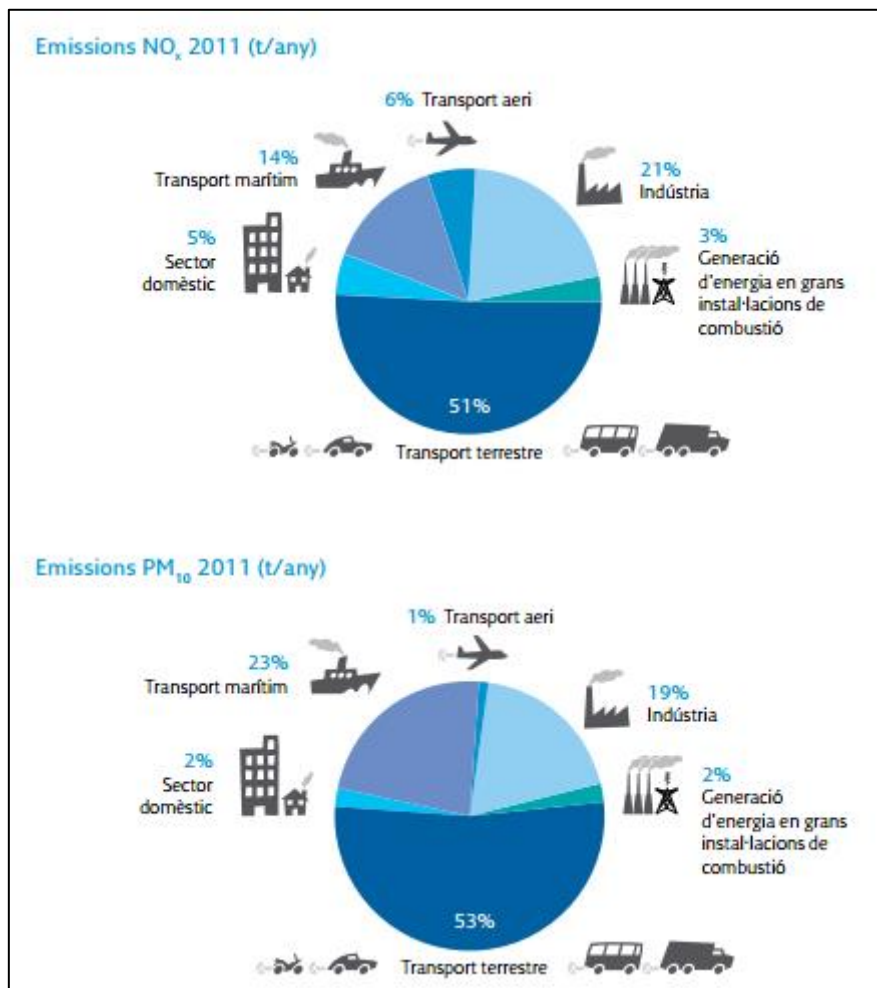


Figura 3-1: Fonts d'emissions de NO_x i PM_{10} a la ZPE (Zona de Protecció Especial, definida al PMQA). Font: Departament de Territori i Sostenibilitat (2015a).

Un cop analitzat el pes de les emissions generades pel transport terrestre sobre les emissions de NO_x i PM_{10} , cal entendre quines **conseqüències** té l'**increment de trànsit i congestió** als accessos de Barcelona sobre aquestes **emissions**:

- Un **major volum de vehicles**, entenent que els vehicles que circulaven anteriorment mantenen el seu trajecte original, suposa un major nombre de fonts d'emissions i, en conseqüència, un **major volum d'emissions**.

- Una **major congestió** suposa un major temps de viatge per a cadascun dels vehicles i, per tant, una **major quantitat de combustible** utilitzat en cada trajecte, **augmentant el volum d'emissions**.

La rellevància del transport terrestre sobre les emissions de contaminants atmosfèrics es posa de manifest en el gran nombre de **mesures** sobre el **transport terrestre** dutes a terme pels òrgans governamentals amb l'objectiu de millorar la qualitat de l'aire.

El **Pla d'actuació per a la millora de la qualitat de l'aire (PMQA) horitzó 2020** (aprovat el desembre de 2014) inclou un total de 263 de mesures encaminades a millorar la qualitat de l'aire de les quals **108** actuen directament sobre el **transport terrestre i la mobilitat** (Departament de Territori i Sostenibilitat, 2015 b).

Un altre exemple correspon a la mesura aprovada al gener de 2017 per la qual els vehicles més contaminants (aquells que no disposin del distintiu ambiental de la DGT) no podran accedir a les rondes ni al interior de la ciutat durant episodis ambientals de contaminació. A més a més, a partir de 2019 aquesta prohibició serà efectiva tots els dies de l'any.

Havent analitzat la problemàtica del transport terrestre a Barcelona i el seu entorn urbà es pot concloure que implantar mesures de restricció sobre el transport terrestre privat reduiria la congestió (i les pèrdues econòmiques associades) a més a més de reduir les emissions generades pel transport terrestre. (Caro, P., 2017).

El següent apartat té com a objectius:

- Descriure la xarxa viària de la ciutat de Barcelona.
- Caracteritzar la mobilitat de Barcelona i el seu entorn urbà.

3.1 Xarxa viària de Barcelona

Per tal de poder comprendre com es desenvolupa la mobilitat a Barcelona, a més a més d'analitzar les dades de mobilitat pertinents (les quals es descriuen més endavant en aquest apartat del treball), és necessari identificar els principals elements de la **xarxa viària** de la ciutat i el seu entorn.

Una porció rellevant dels desplaçaments en transport privat que es realitzen a Barcelona corresponen a **desplaçaments intermunicipals** amb origen o destí fora de la ciutat de Barcelona, de manera que la major part d'aquests desplaçaments es realitzen mitjançant les **grans vies d'accés** a la ciutat de Barcelona.

Els desplaçaments intermunicipals es canalitzen a través de cinc grans corredors de xarxa viària:

- Baix Llobregat: Format per l'Autovia A-2 i l'Autopista AP-2 (vies 3 a la Figura 3-2), les quals connecten amb la ronda litoral (via 1 mitjançant via 5), ronda de dalt (via 2) o bé amb la xarxa interna de la ciutat mitjançant l'**avinguda Diagonal** (via 4) a través de la via B-23.
- Delta del Llobregat: Format per l'autopista C-32 que es bifurca al delta del Llobregat en les carreteres C-31 (via 11) i C-32 (via 12), les quals connecten amb les dues rondes de la ciutat (vies 1 i 2) o bé amb la xarxa interna de la ciutat mitjançant la **Gran via de les Corts Catalanes** a la seva basant Llobregat.
- Vallés Occidental: Format per la carretera C-58 (via 8) i l'autopista C-16 (via 13), les quals connecten el Vallés Occidental amb Barcelona mitjançant el **nus de la trinitat** (punt 8) i l'enllaç amb la ronda de dalt (via 2) respectivament.
- Vallés Oriental: Format per l'autopista AP-7 i la carretera C-17 (vies 7), les quals connecten amb Barcelona mitjançant el **nus de la trinitat** (punt 8), on els usuaris poden accedir a les dues rondes (vies 1 i 2) o bé accedir directament a la xarxa interna de la ciutat mitjançant l'**avinguda Meridiana**.
- Maresme: Format per l'autopista C-32 (via 10) que es bifurca en la carretera C-31 (via 9) i en l'autovia B-20. La carretera C-31 connecta amb la ronda litoral (via 1) i amb la xarxa interna de la ciutat mitjançant la **Gran via de les Corts Catalanes** a la seva basant Besós.



Figura 3-2: Plànol dels principals accessos a la ciutat de Barcelona. Font: Elaboració pròpia a partir d'imatge d'ATM (2017).

Pel que fa la xarxa interna de la ciutat, en matèria de gestió del trànsit les diferents vies es classifiquen en xarxa bàsica i xarxa local.

La **xarxa bàsica** representa un 30% de la longitud total de la xarxa viària de la ciutat i absorbeix un **81%** de la mobilitat (mesurada en veh-km). La xarxa bàsica inclou (veure Figura 3-3):

- La **ronda litoral** i **ronda de dalt**, que tal com se'n desprèn de l'anterior descripció de les vies d'accés, actuen com a vies comunicadores i distribuïdores entre la xarxa interna de la ciutat i les vies de gran capacitat d'accés a la ciutat.
- Les vies d'accés actuen tal com les rondes, connectant la ciutat amb altres ciutats metropolitanes. En destaquen la **Diagonal**, la **Gran via de les Corts Catalanes** o l'avinguda **Meridiana** tot i que també en formen part altres vies com carrer Aragó o bé la ronda del mig.
- Les vies de connexió interna de 1er, 2on i 3er nivell, les quals connecten els diferents districtes de la ciutat entre si així com els punts principals de cada districte. Algunes vies de connexió interna de 1er nivell són els carrers Muntaner, Balmes, Comte Urgell o el Túnel de la Rovira.

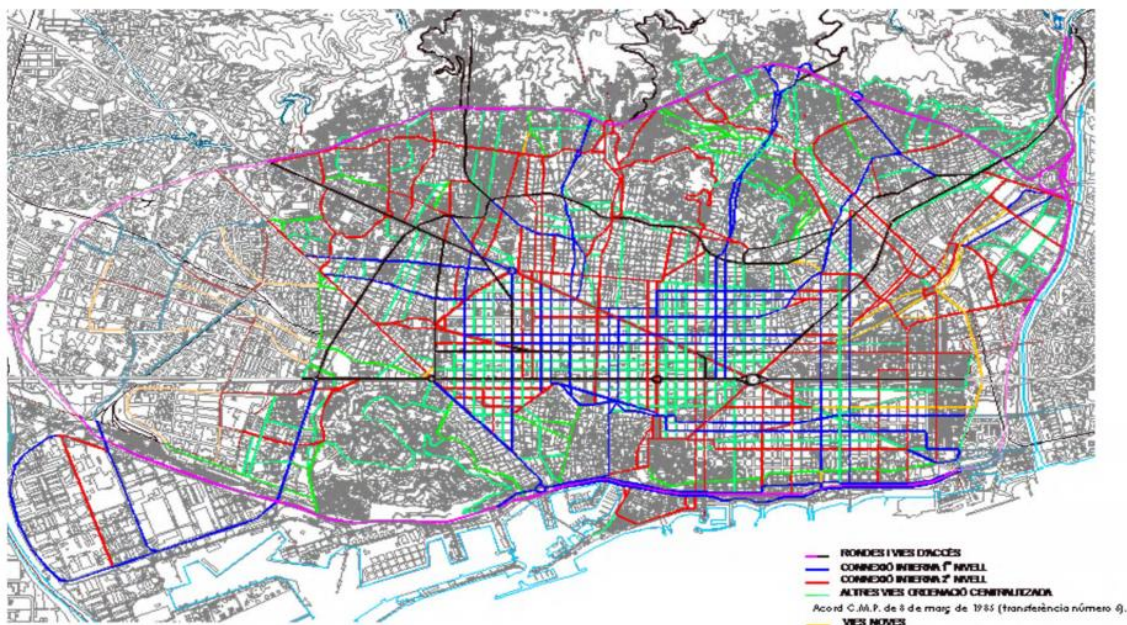


Figura 3-3: Vies de la xarxa bàsica de la ciutat. Font: Regidoria de Mobilitat, Ajuntament de Barcelona (2016).

Més endavant dins d'aquest mateix apartat es defineix el paper de cadascuna d'aquestes vies dins de la mobilitat de la ciutat.

3.2 Anàlisis de la mobilitat de la ciutat de Barcelona i el seu entorn

Barcelona i la seva àrea metropolitana, al concentrar la meitat dels llocs de treball de Catalunya, generen mobilitat amb origen o destí en multitud de territoris, alguns d'aquests fins i tot fora de la pròpia AMB. Per exemple, dels 6,8 milions de desplaçaments amb origen o destí a la ciutat de Barcelona, més de 600.000 desplaçaments tenen origen o destí fora de la pròpia AMB.

Les dades utilitzades en aquest apartat provenen de fonts elaborades per diferents entitats públiques encarregades de supervisar i gestionar el transport a la ciutat de Barcelona i al seu entorn. A continuació es fan constar les diferents fonts de dades utilitzades i la entitat que les ha elaborat:

- Autoritat del Transport Metropolità
 - Enquesta de Mobilitat en dia Feiner any 2015 (EMEF 2015)
 - Enquesta de Mobilitat Quotidiana 2006 (EMQ 2006)
- Regidoria de Mobilitat, Ajuntament de Barcelona
 - Dades bàsiques de Mobilitat 2015

En general, tant en aquest apartat com en aquest projecte s'ha procurat utilitzar les dades més recents i que fan referència a un àmbit més similar al estudiat.

3.2.1 Àmbit d'estudi de l'ATM – Àmbit del Sistema Tarifari Integrat

De cara a comprendre les dades provinents de fonts generades per l'ATM (tant EMEF 2015 o EMQ 2006), en aquest apartat es fa una breu descripció de l'àmbit d'estudi inclòs a les fonts d'informació de l'ATM.

L'ATM analitza la mobilitat dins de l'àmbit del Sistema Tarifari Integrat (Figura 3-4). L'àmbit del STI correspon a l'àmbit geogràfic en el qual s'aplica el sistema tarifari integrat, és a dir, el sistema tarifari que permet utilitzar diversos medis de transport amb un sol bitllet.

L'àmbit del STI abasta un total de 8.800 km² i compren un total de 346 municipis en els quals hi resideixen 5,7 milions d'habitants. Tant en l'EMEF 2015 com en l'EMQ 2006 l'àmbit del STI es subdivideix en els següents àmbits (Figura 3-4):

- Ciutat de Barcelona
- 1era corona
- Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB)
- Regió Metropolitana de Barcelona (RMB)
- Àmbit del Sistema tarifari integrat (STI)



Figura 3-4: Àmbit del STI i subdivisions emprades en l'EMEF 2015 i en l'EMQ 2006. Font : EMEF 2015 – ATM, Ajuntament de Barcelona, AMB i AMTU (2016 a)

3.2.2 La mobilitat a Barcelona

Les dades incloses en aquest apartat provenen, sempre i quan no s'especifiqui el contrari, del document "EMEF 2015 – La mobilitat a Barcelona" (ATM, Ajuntament de Barcelona, AMB i AMTU, Gener de 2016 b).

A continuació es mostra de forma resumida les dades més rellevants de la **mobilitat en dia feiner** a la ciutat de **Barcelona**. S'ha considerat únicament la mobilitat en dia feiner en vista de les dades de trànsit i congestió de la ciutat (gairebé s'acumula en la seva totalitat en dies feiners) i la funcionalitat del peatge urbà, ja que només els peatges urbans amb fins recaptatoris (i les excepcions de Singapur i Durham) estan operatius durant els caps de setmana.

A l'ANNEX II s'inclou un anàlisi exhaustiu de la mobilitat de la ciutat, incloent els procediments utilitzats per deduir les diferents dades de mobilitat.

Nombre de desplaçaments en dia feiner (en milers de persones)				
Tipus de desplaçament	Cotxe	Moto	Furgoneta / Camió	Total transport privat
Intern	430	283	5	719
Connexió	731	115	16	865
Nombre de desplaçaments en dia feiner (en milers de vehicles)				
Tipus de desplaçament	Cotxe	Moto	Furgoneta / Camió	Total transport privat
Intern	243	262	2,8	508
Connexió	478	107	10,1	595

Taula 3-1: Desplaçaments interns i de connexió realitzats en els diferents modes de transport privat, expressats en persones i vehicles. Font: Elaboració pròpia.

Ocupació vehicular (persones/vehicle)			
Tipus de desplaçament	Cotxe	Moto	Furgoneta / Camió
Intern	1,77	1,08	1,77
Connexió	1,53	1,08	1,53

Taula 3-2: Ocupació vehicular dels diferents modes de transport privat en desplaçaments interns i de connexió. Font: Elaboració pròpia.

Temps mitjà de desplaçament (min)		
Tipus de desplaçament	Modes de transport no mecanitzats	Transport públic
Intern	15,1	28,2
Connexió	29,7	50,7

Taula 3-3: Temps mitjà de desplaçament per a modes de transport no mecanitzats i transport públic en desplaçaments interns i de connexió. Font: Elaboració pròpia.

Temps mitjà de desplaçament (min)		
Tipus de desplaçament	Cotxe	Moto
Intern	21,6	11,8
Connexió	34,5	18,8
Accessos	12,9	22,5
Rondes	7,5	19,7

Taula 3-4: Temps mitjà de desplaçament per a cotxe i moto en desplaçaments interns i de connexió. Font: Elaboració pròpia.

3.2.3 La congestió associada a la mobilitat de la ciutat de Barcelona

Existeixen diverses definicions del fenomen de la congestió. Una d'elles, atribuïda a la U.S. General Accounting Office, defineix la congestió com "la condició de trànsit caracteritzada per un augment del temps de viatge degut a la reducció de la velocitat causada per onejades de trànsit" (U.S. General Accounting Office, 1989).

La congestió es comptabilitza com a l'increment del temps de viatge d'un desplaçament respecte el temps de viatge del mateix desplaçament realitzat en condicions de circulació lliure.

El peatge urbà dissuadeix a alguns usuaris de seguir utilitzant modes de transport privat. Com a conseqüència el nombre de vehicles que circulen es disminueix, augmentant la velocitat de circulació mitjana de l'àrea restringida.

Al augmentar la velocitat de circulació, es **redueix** el temps de viatge dels desplaçaments, en particular, la fracció corresponent al **excés de temps de viatge** fruit de la congestió.

Per tal de poder estimar la reducció del temps de viatge dels usuaris que seguiran utilitzant el transport privat, el qual serà un dels beneficis generats pel peatge urbà, és necessari caracteritzar la congestió a Barcelona.

Actualment existeixen diverses entitats o empreses que estudien i caracteritzen la congestió a les grans ciutats del món. Dues d'aquestes empreses són TomTom, fabricant de dispositius de navegació, i INRIX, consultoria i analistes de mobilitat.

TomTom i INRIX elaboren anualment un rànquing de les ciutats amb una major congestió del trànsit coneguts com el "TomTom Traffic Index" i el "INRIX Global Traffic Scorecard".

Ambdues classificacions inclouen l'anàlisi de la congestió a la ciutat de Barcelona, no obstant, mostren diferents valors de la congestió a la ciutat.

D'altra banda, una de les entitats en l'àmbit de la mobilitat de major rellevància a Catalunya, el **RACC**, va realitzar l'any 2016 una auditoria de la **congestió als corredors d'accés a Barcelona** basada en la informació proporcionada per **INRIX**. A continuació es resumeixen les dades incloses en aquesta auditoria.

S'utilitzarà les dades de l'informe del RACC per tal de caracteritzar la congestió als accessos i rondes de Barcelona ja que, a més a més de presentar un anàlisi exhaustiu a partir de dades d'INRIX, les dades de Tom Tom pràcticament no consideren congestió als accessos, fet que posa en dubte el rigor utilitzat a l'hora de caracteritzar la congestió en desplaçaments de connexió.

3.2.3.1.1 Auditoria de congestió del RACC

En aquest document (RACC, 2016 a) s'analitza i es compara el rendiment en termes de mobilitat (intensitats mitjanes i velocitats de circulació) dels diversos corredors d'accés a la ciutat en dos períodes diferents, els anys 2006 i 2016.

A partir d'aquestes dades, el document estima els nivells de congestió i els costos generats per corredors i a nivell d'usuari.

Aquesta auditoria estudia el comportament de vies d'alta capacitat no semaforitzades (Autopistes, autovies i rondes) de 6 corredors de vies d'accés a la ciutat de Barcelona en dies laborals des de les 6 fins les 22 hores.

Intensitats mitjanes

Els majors valors de la intensitat mitjana (mesurada cada 15 minuts) s'acumula entre les 7:30 i 9:30 al matí i entre les 17:30 i 19:30 a la tarda. Respecte 2006, la **intensitat mitjana** de vehicles s'ha **reduït** en un **9%**. Les reduccions d'intensitat mitjana per vies oscil·la entre un -3% a l'AP-7 i un -24,4% a la C-32.

Velocitats mitjanes

Al llarg del dia, les majors disminucions de velocitat de circulació s'observen a les puntes del matí i la tarda, quan es produeixen les majors intensitats de vehicles.

La reducció de velocitat de circulació és major a la punta del matí, gairebé 20 km/h menys, que a la de la tarda, on la reducció és troba al voltant de 10 km/h (Figura 3-5).

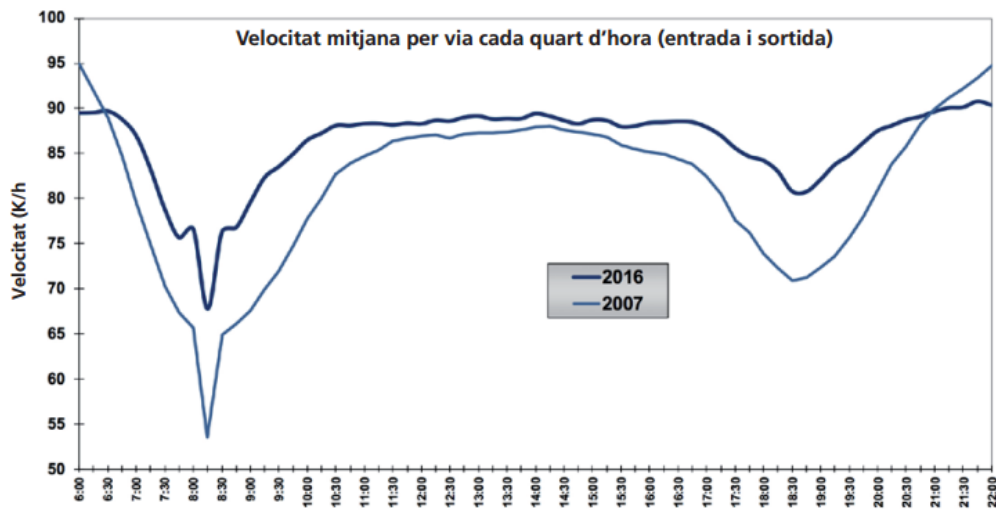


Figura 3-5: Velocitat mitjana dels corredors analitzats segons franja horària per les dades dels anys 2007 i 2016. Font: RACC (2016 a).

Congestió

En un dia estàndard, segons aquest document, uns **115.000 vehicles** pateixen diàriament els efectes de la congestió, el qual es tradueix en uns **200.000 usuaris**.

D'aquests usuaris, una cinquena part (**22%**) són usuaris de transport públic mentre que la resta (**78%**) són usuaris de transport privat.

A pesar de que la reducció en nombre de vehicles respecte 2007 ha estat del 10 %, la **congestió als corredors d'accés** a Barcelona s'ha **reduït** en gairebé un **60%**.

En total, la congestió als accessos de Barcelona suposa **52.000 hores** perdudes al **dia** o equivalentment uns **12,8 milions** d'hores a l'**any**, un 50% menys que al 2007. La següent figura mostra com es distribueix el temps perdut, de manera que:

- Un 13,7 % del temps perdut es concentra a l'AP-7
- Les **rondes** concentren gairebé un **31%** del temps perdut.
- La resta de vies acumulen un 55% del temps perdut, dels quals un 33% es produeix a les entrades i un 22,7% a les sortides.

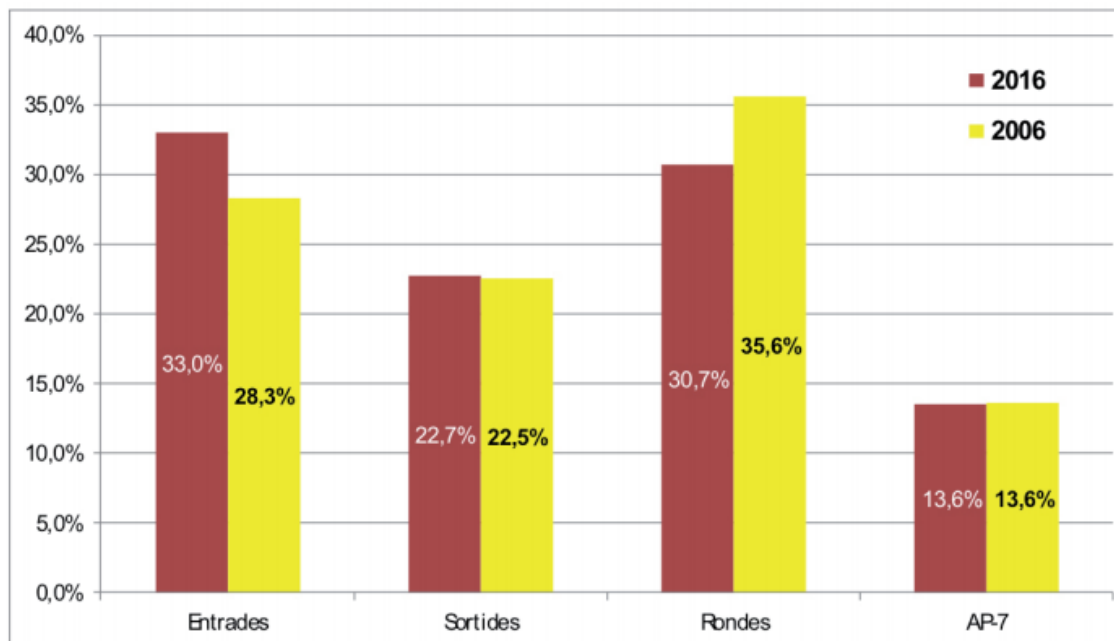


Figura 3-6: Distribució de les hores perdudes per la congestió entre els diferents tipus de vies d'accés i sortida de la ciutat de Barcelona. Font: RACC (2016 a).

Pel que fa a la distribució horària del temps perdut en congestió, un **62%** es concentra en **6 hores**, de 7 a 10 hores (36%) i de 17 a 20 hores (26%) (Figura 3-7).

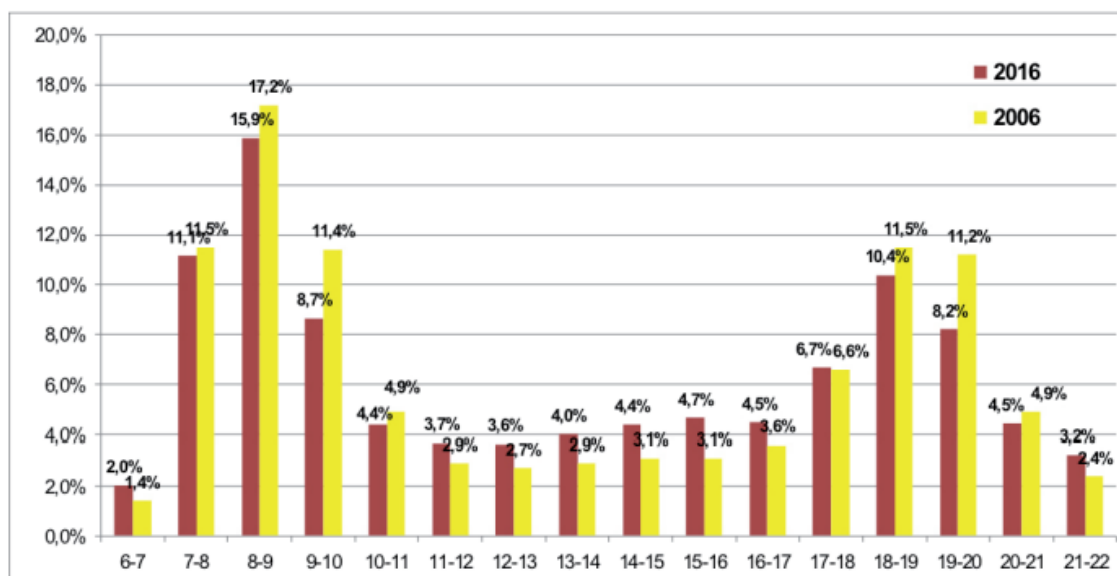


Figura 3-7: Distribució horària en percentatge del temps perdut en congestió als accessos de Barcelona. Font: RACC (2016 a).

El cost derivat d'aquesta congestió, el qual inclou el temps de viatge i l'increment del consum de combustible i emissions de CO₂, puja a **0,55 milions d'€ al dia** o equivalentment **137 milions d'€ a l'any**, un 64% menys que al 2006.

Pel que fa la distribució dels costos generats per la congestió, un 2% equival a combustible i CO₂, mentre que un 87% correspon a costos del vehicle privat i un 11% a costos del vehicle públic, de manera que per cada **euro** generat en **transport públic** per la congestió se'n generen **7,9 en transport privat**.

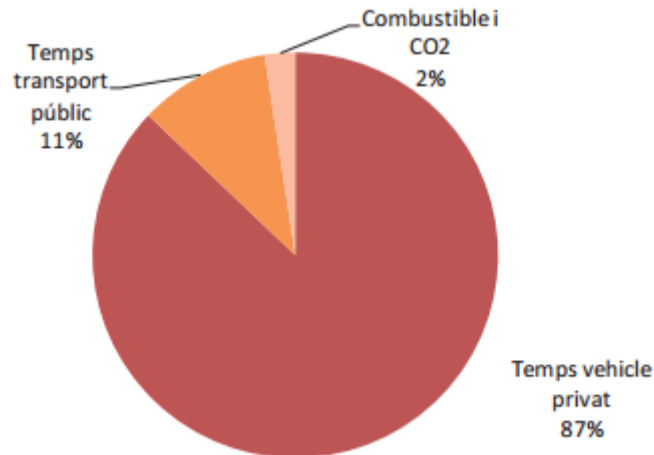


Figura 3-8: Distribució en % respecte el total dels costos generats per la congestió als accessos de Barcelona.
 Font: RACC (2016 a).

En termes d'impacte de la congestió sobre els usuaris, el **temps perdut** en mitjana per a cada **usuari** diàriament és de **9,3 minuts**, un 26% menys que al 2006. Pel que fa als usuaris que circulen durant l'hora punta del matí (la més crítica del dia), aquests perden en mitjana **16 minuts**, arribant fins i tot als **30 minuts** pels usuaris que circulen per les rondes.

En termes econòmics, el cost anual per usuari generat per la congestió és de **282 €**.

Rendiment del transport públic front el transport privat

El document analitza, per a 8 itineraris tipus dins de l'AMB, la reducció de temps de viatge entre 2006 i 2016 dels usuaris del transport públic i transport privat.

Sorprenentment, les dades mostren un **manteniment** del temps de viatge del **transport públic** mentre que pel usuaris del **transport privat** el temps de viatge s'ha **reduït** en gairebé un **30%**, propiciat d'altra banda per altres mesures com per exemple la velocitat variable.

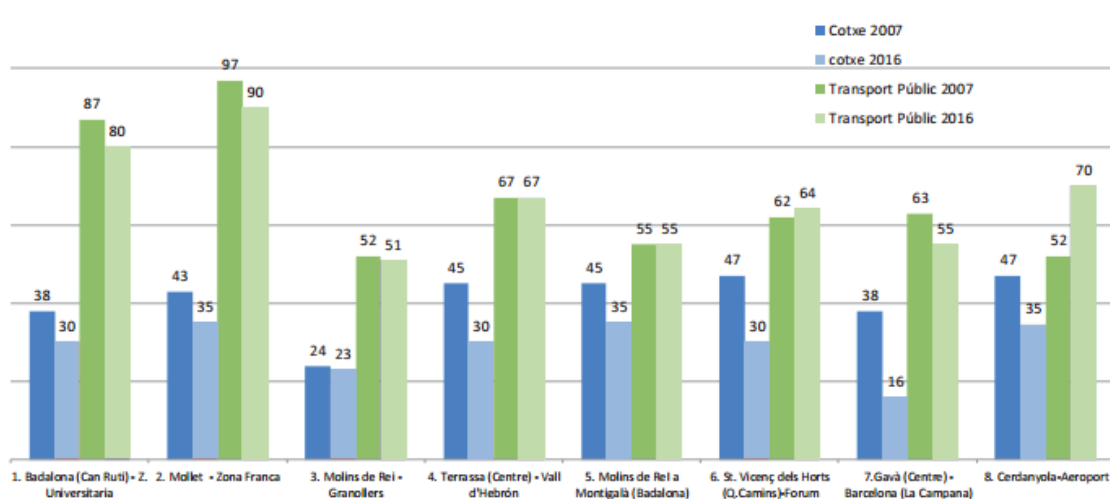


Figura 3-9: Temps de viatge pels usuaris del transport públic i transport privat en 8 itineraris diferents a l'any 2007 i 2016. Font: RACC (2016 a).

Punts crítics i recurrents

El document analitza també els punts on es produeixen el major nombre de problemes per congestió. Aquests punts, mostrats a la Figura 3-10, corresponen a:

- Ronda de Dalt i Ronda Litoral, per falta de capacitat d'aquestes vies.
- Nus de la trinitat i avinguda Meridiana, per falta de capacitat de els accessos a la ciutat.
- Nusos AP2-AP7 i AP7-C58, més allunyats de la ciutat de Barcelona, per falta de capacitat de les vies de connexió entre aquestes vies.
- Nus AP2-B24, per falta de capacitat de les vies de connexió entre aquestes vies.
- Nus del Llobregat (nus entre C31-A2-B20-B10), per falta de capacitat de les vies de connexió entre aquestes vies.
- Plaça de les Glòries, per falta de capacitat de els accessos a la ciutat.
- Plaça Cerdà, per falta de capacitat de els accessos a la ciutat.



Figura 3-10: Punts crítics a les vies d'accés a la ciutat de Barcelona. Font: RACC (2016).

La presentació dels resultats del mateix informe del RACC (RACC, 2016 b) inclouen les velocitats i IMDs de les diferents vies que conformen els accessos i rondes de la ciutat per l'any 2016.

Així mateix, la presentació també inclou la variació percentual de la velocitat i la IMD d'aquestes vies entre el període 2006-2016.

Ambdós conjunts de dades seran utilitzats per estimar la variació de velocitats als accessos de la ciutat en aquest període.

4 Anàlisis d'alternatives i definició del peatge urbà proposat

En aquest apartat es justifica l'elecció dels diferents aspectes que caracteritzaran el comportament del peatge urbà. En particular, s'analitzarà quina és la millor elecció en relació als diferents aspectes:

- Tipologia de peatge
- Àrea restringida / Vies afectades
- Horari d'aplicació
- Tipologia de tarifa
- Import de la tarifa
- Vehicles subjectes al pagament del peatge
- Tecnologia a emprar

Cal remarcar que l'objectiu d'aquest treball és realitzar una primera estimació de l'efecte socioeconòmic que tindria un peatge urbà a la ciutat de Barcelona.

L'elecció dels aspectes es realitzarà amb la finalitat de simplificar, dins dels marges de la racionalitat, l'estimació de l'impacte del peatge urbà. En conseqüència, en aquest apartat es posa especial èmfasi en aquells aspectes claus a l'hora de determinar el caràcter i rendiment del peatge urbà.

Degut a la naturalesa dels diferents aspectes a definir, alguns aspectes podran ser establerts analitzant la configuració i resultats dels peatges urbans existents avui en dia, com per exemple els vehicles subjectes a pagament.

D'altra banda, per poder precisar altres aspectes i característiques, els quals condicionen el rendiment del peatge, s'utilitzarà un anàlisi quantitatiu preliminar d'alternatives.

A continuació s'analitza quin és el valor òptim dels diferents aspectes a definir.

4.1 Horari i dies d'operació del peatge

L'**horari d'operació** d'un peatge urbà determina quin **percentatge** de tots els **desplaçaments** realitzats en transport privat es veuran **afectats** pel peatge.

No obstant, l'**horari d'operació** és una de les característiques del peatge urbà amb un major impacte sobre l'**acceptació** i **popularitat** d'aquesta **mesura** per part de la població: Un peatge urbà que funcioni ininterrompudament cobrirà el total dels desplaçaments, però possiblement el peatge sigui percebut com una mesura completament recaptatòria, penalitzant l'acceptació d'aquest i empitjorant l'impacte polític de la seva implementació.

Tal com s'ha mencionat anteriorment, en aquest treball no s'analitza en deteniment fenòmens com l'acceptació o l'impacte polític del peatge urbà. D'altra banda, s'ha de ser conscient que per les entitats encarregades d'implantar un peatge urbà, entitats governamentals en tots els cassos, l'acceptació, la popularitat de la mesura i l'impacte polític d'aquesta són factors que condicionen notablement el disseny del peatge, essent preferents aquells dissenys que prioritzen el benefici social front el benefici econòmic.

En relació a l'horari d'operació d'un peatge urbà, les següents premisses s'estableixen a l'apartat 2.2.3:

- L'horari s'ha d'establir de tal forma que es cobreixi la major part dels desplaçaments.
- Aquells peatges que funcionen **ininterrompudament** tenen en tots els cassos un objectiu **recaptatori**.
- D'altra banda, aquells peatges que cobreixen únicament una **franja diària** mostren **objectius socials**. En tots aquests casos, es cobreixen les puntes del matí i de la tarda així com la franja entre puntes.
- Finalment, s'ha de considerar detingudament quan s'estableix l'hora d'inici i l'hora de finalització del peatge. En alguns casos, emplaçar aquestes hores prop de les puntes podria ocasionar un **traspasament dels desplaçaments** realitzats al voltat d'aquestes hores a les **franges horàries** en les quals el peatge està **inactiu**.

Pel que fa als dies d'operació:

- Únicament la majoria dels peatges amb finalitat recaptatòria i els peatges de Singapur i Durham operen algun dia del cap de setmana.
- Tots peatges urbans noruecs (aquells amb finalitat recaptatòria) excepte Namsos operen els 7 dies de la setmana.
- Singapur i Durham operen, a més a més dels dies laborals, en Dissabte. En el cas de Singapur el peatge s'aplica els dissabtes únicament en una àrea amb una gran oferta d'oci i comercial (veure ANNEX 1) i en el cas de Durham s'aplica per regular la gran demanda turística de la ciutat (veure ANNEX 1).

La següent taula mostra el nombre de desplaçaments realitzats durant cada hora a la ciutat de Barcelona i el percentatge que aquests representen sobre el total de desplaçaments.

Franja horària	0-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14
Desplaçaments (milers)	0	18	25	70	100	60	35	30	40	55
% de desp. sobre total	0%	1,7%	2,4%	6,7%	9,6%	5,8%	3,4%	2,9%	3,9%	5,3%
Franja horària	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
Desplaçaments (milers)	75	65	75	75	80	85	60	50	25	15
% de desp. sobre total	7,2%	6,3%	7,2%	7,2%	7,7%	8,2%	5,8%	4,8%	2,4%	1,4%

Taula 4-1: Nombre de desplaçaments en transport privat realitzats a Barcelona en cada franja, en milers i en percentatge respecte el total de desplaçaments. Font: Realització pròpia.

A partir dels percentatges de cada franja horària es pot comprovar quina proporció dels desplaçaments es cobriria amb diferents configuracions de l'horari d'operació.

En primer lloc es **descarta** l'opció d'un **peatge ininterromput** així com l'opció d'**operar** durant el **cap** de **setmana** perquè no respon amb la **finalitat** principal del peatge (reducció de congestió i millora de la situació mediambiental de l'àrea). A més a més, a pesar de que no s'estudia l'acceptació que tindria el peatge, es descarta aquesta opció ja que degut a la seva impopularitat aquesta configuració seria poc factible.

L'horari d'operació del peatge urbà escollit és de les **6** a les **22 hores**. Per tal d'escollir l'horari d'operació s'han considerat addicionalment els següents factors:

- L'auditoria del RACC (RACC, 2016 a) sobre la congestió als corredors d'accés a la ciutat de Barcelona emplaça la congestió entre les 6 i les 22 hores.
- A partir dels percentatges de la Taula 4-1 s'extreu que un horari de 6 a 22 hores cobriria gairebé un 95% dels desplaçaments en transport privat (un **94,4%**), essent un percentatge suficientment elevat.
- En conseqüència de la lleugera davallada dels desplaçaments observada entre les puntes del matí i de la tarda, el peatge operarà ininterrompudament entre aquestes puntes, a diferència de la majoria de peatges urbans amb finalitats socials.

4.2 Vehicles subjectes al pagament del peatge urbà

De forma similar a l'horari del peatge, determinar quins **vehicles** estaran **subjectes** al **pagament** del peatge permet estimar quin percentatge dels **desplaçaments** quedaran **coberts** pel peatge urbà.

Establir els vehicles afectats i, sobretot, aquells **vehicles exempts** del pagament de la tarifa del peatge urbà permet **millorar l'efectivitat social** i, per tant, l'**acceptabilitat** del peatge urbà.

Determinar els vehicles exempts permet excloure aquells usuaris que pràcticament no contribueixen a la congestió o contaminació (motos, vehicles de baixes emissions) o bé aquells que utilitzen el vehicle privat dins de la seva activitat professional.

En relació als vehicles exempts del pagament de la tarifa, a l'apartat 2.2.5 s'esmenta:

- Els vehicles d'emergència, transport públic i vehicles governamentals queden exempts del pagament de la tarifa en gairebé tots els casos.
- **Motocicletes** i **ciclomotors** queden exempts del pagament del peatge excepte en el cas de **Singapur** on paguen una quarta part de la tarifa normal degut al menor impacte generat en la congestió.
- Els vehicles estrangers queden exempts en gairebé tots els peatges.
- Els vehicles per al transport de discapacitats queden exempts en gairebé tots els peatges.
- Els **vehicles d'emissions reduïdes** queden exempts en la major part dels peatges.
- En alguns peatges urbans existeixen **descomptes** o tarifes especials per a **vehicles comercials**.

A l'hora de jutjar quins **vehicles** haurien d'estar **exempts** en el cas del peatge de Barcelona s'ha de considerar prèviament si existeixen prou **dades** per a **estimar l'impacte** que tindria cadascuna de les exempcions.

Per tant, com a conseqüència de la manca de dades sobre el percentatge dels desplaçaments duts a terme pels diferents tipus de vehicles, queda descartat classificar com a vehicles exempts:

- Els vehicles d'emergència, transport públic i vehicles governamentals
- Els vehicles estrangers
- Els vehicles per al transport de discapacitats

En el cas dels vehicles de **baixes emissions**, únicament es disposen de dades sobre el parc de **vehicles elèctrics** a la ciutat de Barcelona, en total 371 vehicles elèctrics dels quals 45 són motocicletes.

En el cas improbable que cadascun d'aquests vehicles circuli diàriament realitzant el nombre mitjà de desplaçaments per dia amb l'ocupació vehicular mitjana, representarien únicament un **0,2%** dels **desplaçaments** realitzats en **transport privat**. En vista al poc impacte en terme d'ingressos i reducció del nombre de vehicles, es descarta considerar els vehicles de baixes emissions com a vehicles exempts.

La següent taula mostra el percentatge de desplaçaments realitzats en cotxe, moto i furgoneta o camió. Com és esperable el cotxe és el vehicle amb major protagonisme tant en desplaçaments interns com de connexió, representant gairebé tres quartes parts de tots els desplaçaments.

En comparació amb la tònica global, el pes del cotxe augmenta en desplaçaments de connexió mentre que en la mobilitat interna la moto augmenta considerablement el seu pes, essent protagonista de gairebé un 40% dels desplaçaments.

Tipus de desplaçament	Cotxe	Moto	Furgoneta / Camió
% Intern	59,8%	39,4%	0,7%
% Connexió	84,5%	13,3%	1,8%
% Total	73,3%	25,1%	1,3%

Taula 4-2: Percentatge de desplaçaments en vehicle privat realitzats en cotxe, motocicleta i furgoneta/camió.
Font: Elaboració pròpia.

Per tal de simplificar l'anàlisi del peatge urbà i degut a la manca de rellevància de les motos i vehicles comercials en la mobilitat de connexió (la qual genera els majors problemes de congestió) és descarta tarifar els desplaçaments de **motos i vehicles comercials**.

4.3 Descripció i anàlisi de les alternatives

4.3.1 Tipologia de peatge i vies afectades pel peatge. Descripció conceptual de les alternatives

Determinar la tipologia del peatge i les vies de la xarxa viària que quedaran afectades pel peatge establirà quin tipus i quin percentatge dels desplaçaments realitzats en transport privat es veuran afectats pel peatge urbà.

En aquest cas parlem de vies afectades en comptes d'àrea restringida ja que, segons com s'ha caracteritzat la mobilitat a l'apartat anterior, els desplaçaments estan lligats a la tipologia de via en la que es realitzen: mentre que els desplaçaments de connexió és realitzen a través de les grans vies d'accés i rondes (un cop el vehicle ja ha accedit a Barcelona) mentre que els desplaçaments interns es realitzen a les diferents vies de la xarxa bàsica excepte en vies d'accés, és a dir, rondes i vies de connexió interna.

De la mateixa manera que el nombre de desplaçaments afectats pel peatge és conseqüència de la tipologia del peatge i les vies afectades pel mateix, el cost del peatge també està estretament lligat a aquests aspectes. Per tant, en aquest apartat, a més a més d'analitzar quina tipologia de peatge és més adequada, també s'analitzarà quina tecnologia encaixa millor i genera uns menors costs.

A l'apartat anterior s'establia el nombre de desplaçaments diaris en dia feiner en **vehicle privat** interns i de connexió.

- Interns: 719.000 desplaçaments diaris de persones
- Connexió: 865.000 desplaçaments diaris de persones

En base al repartiment modal del transport privat, s'obtenen el nombre de desplaçaments diaris en dia feiner realitzats en **cotxe**:

- Interns: 430.681 desplaçaments diaris de persones en cotxe (59,9% dels desplaçaments interns en vehicle privat)
- Connexió: 733.520 desplaçaments diaris de persones en cotxe (84,8% dels desplaçaments de connexió en vehicle privat)

D'altra banda, amb l'ocupació del cotxe per desplaçaments interns (1,77 persones per cotxe) i de connexió (1,53 persones per cotxe) s'obtenen el nombre de desplaçaments diaris de vehicles (cotxes):

- Interns: 243.323 desplaçaments diaris de cotxes
- Connexió: 479.425 desplaçaments diaris de cotxes

Pel que fa a la distribució d'aquests desplaçaments, recordem que l'**Eixample** és el districte de Barcelona que absorbeix una major **mobilitat interna**, essent origen i/o destí d'uns **270.000 desplaçaments interns en transport privat** de persones cada dia (veure ANNEX II).

Considerant el repartiment modal del cotxe (59,9%) i l'ocupació (1,77 persones per cotxe) dels desplaçaments interns en vehicle privat, aquests 270.000 desplaçaments de persones es tradueixen en **91.373 desplaçaments interns de cotxes**.

Assumint que a l'Eixample es dona la mateixa proporció de cotxes que realitzen interns i de connexió (243.323 interns vs. 479.425 de connexió, pràcticament una proporció de 1:2), s'estima que amb 91.373 desplaçaments interns de cotxes, a l'Eixample es produeixen també **180.034 desplaçaments de connexió de cotxe**.

En relació als desplaçaments de **connexió**, podem assumir que tots ells es distribueixen entre les diferents **vies d'accés** i **rondes** de la ciutat.

A continuació es descriurà els diferents models de peatge disponibles i el seu impacte sobre la mobilitat. Les hipòtesis seguides han estat:

- La **mobilitat interna** només es pot restringir mitjançant peatges d'**àrea**. Els peatges de **cordó** només afecten als desplaçaments que creuen alguna frontera i tot i que també es podria controlar el moviment de vehicles entre districtes (amb un cordó a cada districte) els desplaçaments dins d'un únic districte quedarien sense afectar. D'altra banda es podria considerar restringir la mobilitat interna restringint les **principals vies** (per exemple, rondes, accessos i vies de connexió interna de 1er nivell) de la xarxa bàsica ciutat. No obstant, utilitzar aquesta estratègia podria ocasionar una **migració** dels desplaçaments cap a les **vies** sense peatge, amb una **menor capacitat** per absorbir el trànsit, generant problemes de congestió de major gravetat.
- La totalitat dels **desplaçaments de connexió** es realitzen utilitzant els **principals accessos** de la ciutat, menyspreant els desplaçaments que es realitzen en vies menors, com per exemple les vies frontera entre Barcelona i l'Hospitalet de Llobregat. Per tant, es pot assumir que un **peatge de via** als principals accessos de la ciutat serviria per controlar els **desplaçaments de connexió**, **descartant** l'opció del **cordó** ja que l'única diferència que implicaria seria haver de controlar els accessos de menor trànsit.
- La **proporció de desplaçaments** de cotxes interns i de connexió observada al global de la ciutat (proporció d'aproximadament 1:2) és la mateixa que s'observa en les diferents parts de la ciutat (com l'Eixample) i vies on coincideixen els dos tipus de vehicles (Rondes).
- Per tal d'analitzar les alternatives que es descriuen a continuació, s'assumeix que els usuaris paguen una tarifa cada cop que realitzen un desplaçament.

D'acord a les diferents tipologies de peatge urbà analitzades i el seu encaix amb la mobilitat i xarxa viària de Barcelona, es proposen les següents alternatives de peatge urbà:

- **Alternativa 1.1:** Peatge de **via** en tots els **principals accessos** a la ciutat i connexions amb les Rondes, de manera que s'afectaria a tots els desplaçaments de connexió.
- **Alternativa 1.2:** Peatge de **via** en totes les sortides a les **rondes** de Barcelona, de manera que s'afectaria un trànsit de 265.000 vehicles, format per una barreja de vehicles que realitzen desplaçaments interns i uns altres que realitzen desplaçaments de connexió.
- **Alternativa 1.3:** Peatge de **via** en tots els **principals accessos** a la ciutat i en totes les sortides a les **rondes**, d'aquesta manera quedarien afectats tots els **desplaçaments de connexió** i aquells desplaçaments interns que transcorren per les rondes. Aquesta alternativa permet restringir el trànsit de connexió (el qual agrupa un major volum de desplaçaments) i la demanda a les rondes, dos de les vies amb majors problemes de congestió (RACC, 2016a).
- **Alternativa 1.4:** Peatge d'**àrea** a la totalitat de la ciutat de **Barcelona**. Aquesta alternativa permet controlar la **totalitat** dels **desplaçaments**, tant els que transcorren per dins de la ciutat com aquells que tenen origen o destí fora de Barcelona.
- **Alternativa 1.5:** Peatge d'**àrea** al Eixample, afectant un total de **270.000 desplaçaments interns**, gairebé un 38% dels desplaçaments d'aquesta tipologia.

A la següent taula es resumeixen els principals avantatges i inconvenients de cada alternativa de peatge en el seu encaix a l'entorn de l'estudi.

Tipologia de peatge	AVENTATGES	INCONVENIENTS
Alternativa 1	<ul style="list-style-type: none"> Afectaria a un gran nombre dels desplaçaments en vehicle privat (més de 50%). Es regularien les vies amb major congestió (accessos a Barcelona). 	<ul style="list-style-type: none"> No es regularia un bon nombre dels desplaçaments de les rondes, dues de les vies amb majors problemes de congestió.
Alternativa 2	<ul style="list-style-type: none"> Permetria gestionar un elevat nombre de desplaçaments amb un nombre reduït de punts de control i equipament, actuant en dues de les vies amb majors problemes de congestió per falta de capacitat. 	<ul style="list-style-type: none"> Gairebé no es regularien els desplaçaments de connexió, els quals representen el conjunt més nombrós a més a més de realitzar-se en les vies amb majors problemes de congestió (accessos a Barcelona).
Alternativa 3	<ul style="list-style-type: none"> Permetria gestionar el trànsit a totes les vies amb greus problemes de congestió (accessos i rondes). 	<ul style="list-style-type: none"> Només es cobriria el desplaçaments interns que transcorren per les rondes, generant el perill de migracions de vehicles de les rondes a vies de connexió internes de la ciutat.
Alternativa 4	<ul style="list-style-type: none"> Es podria afectar a la totalitat de desplaçaments en vehicle privat. 	<ul style="list-style-type: none"> Gran escalament dels costos: La inversió necessària i els posteriors costos d'operació serien molt superiors als dels peatges existents.
Alternativa 5	<ul style="list-style-type: none"> Possibilitat d'afectar als desplaçaments que es produeixen al districte de Barcelona amb major volum de trànsit. 	<ul style="list-style-type: none"> Costs relativament alts per l'afectació aconseguida. La congestió a la xarxa viària de Barcelona es concentra a les grans vies d'accés, restant atractiu a aquesta opció.

Taula 4-3: Avantatges i inconvenients de les diferents alternatives considerades. Font: Elaboració pròpia.

4.3.2 Descripció de les alternatives

Al següent apartat s'analitza preliminarment de forma quantitativa quina de les alternatives seria més profitosa per la ciutat a més a més d'estudiar quina tecnologia és més adient.

Els costos de cada alternativa i tecnologia s'han estimat en base a l'apartat 2.3 d'aquest document.

Per tal d'estimar els costos de cada alternativa, és necessari definir per a cadascuna els següents aspectes:

- Nombre de carrils de punts de control d'accés vehicular necessaris.

- Nombre de IVU's necessaris en cas d'establir un peatge amb tecnologia DSRC.

Per estimar el nombre de carrils de punts de control vehicular necessaris, en el cas de les alternatives 1,2 i 3 (les quals es centren en les grans vies d'accés i les rondes) es poden comptabilitzar directament a partir dels mapes viaris de la ciutat.

En el cas dels peatge d'àrea (alternatives 4 i 5) s'estimarà el nombre de carrils necessaris en base als emplaçaments observats al peatge urbà de Londres.

Per estimar el nombre d'emplaçaments que tindria un peatge urbà d'àrea a Barcelona, es pot prendre com a referència el nombre d'emplaçaments del peatge urbà de Londres (197 emplaçaments o carrils).

Al tractar-se d'un peatge d'àrea, el nombre d'emplaçaments o carrils a cobrir mitjançant punts de control serà proporcional a la superfície de l'àrea afectada i proporcional al quadrat de la densitat de xarxa viària de l'àrea afectada, en el cas d'assumir que la xarxa viària de la ciutat és ortogonal (tipus eixample) i que els punts de control es localitzen a les interseccions entre carrers.

En el cas de considerar un peatge amb tecnologia DSRC s'ha d'estimar quin volum de vehicles necessitaria un IVU per tal de poder accedir a l'àrea restringida pel peatge.

Per tal d'estimar-ho, s'ha comparat el volum de turismes censats a Barcelona enfront el volum de turismes que es mouen diàriament.

Dels desplaçaments en transport privat realitzats a Barcelona, s'estima que un 94% dels desplaçaments interns i un 41% dels desplaçaments de connexió són realitzats per residents a Barcelona.

Això comporta que els residents de Barcelona realitzen diàriament en transport privat 673.182 desplaçaments interns i 405.148 desplaçaments de connexió.

Tenint el compte el % de desplaçaments privats realitzats en cotxe (59,9% en desp. interns i 84,8% en desplaçaments de connexió) i l'ocupació mitjana en desplaçaments interns (1,77 persones per cotxe) i de connexió (1,53), cada dia es realitzen 243.323 desplaçaments interns i 228.897 desplaçaments de connexió de cotxes.

Considerant que els residents de Barcelona realitzen en mitjana 4,2 desplaçaments diaris, i assumint que en cas de realitzar-los en cotxe, els realitzen tots amb el mateix cotxe, els anteriors desplaçaments de cotxes es tradueixen en **112.433 cotxes** que **diàriament** es **mobilitzen**.

Les dades que es mostren a la Taula 4-4 permeten deduir que diàriament només un 19,7% dels turismes censats a Barcelona es mobilitzen. En conseqüència, si es volgués distribuir IVU's a tots els vehicles censats, el **volum d'IVUs a repartir seria 5 cops més gran que el nombre de vehicles censats a Barcelona que es mouen diàriament.**

1. Antiguitat dels vehicles. Any 2015							
1. Antiguitat del parc. Barcelona							
Antiguitat	TOTAL	Turismes	Motos	Ciclomotors	Furgonetes	Camions	Altres vehicles
TOTAL	928.512	570.345	214.837	58.881	43.948	20.763	19.738
Menys d'un any	39.388	24.044	11.934	799	1.584	272	755
1 any	34.267	21.348	10.058	678	1.447	192	544
2 anys	29.607	18.209	9.243	564	979	138	474
3 anys	28.605	16.943	9.217	845	961	154	485
4 anys	33.941	20.297	10.385	1.011	1.446	250	552
5 anys	42.588	25.059	13.216	1.538	1.704	534	537
6 anys	40.241	23.724	11.686	1.632	1.340	1.086	773
7 anys	47.936	26.562	14.336	2.904	2.114	996	1.024
8 anys	64.622	37.099	17.379	3.837	3.379	1.445	1.483
9 anys	64.699	37.675	16.925	3.758	3.064	1.631	1.646
10 anys	62.798	39.032	14.636	3.108	3.196	1.317	1.509
Més de 10 anys	439.820	280.353	75.822	38.207	22.734	12.748	9.956

L'any de matriculació s'ha estimat a partir de la matrícula del vehicle ja que no es disposa de la data de matriculació.

Taula 4-4: Antiguitat del parc de vehicles censats a Barcelona. Font: Ajuntament de Barcelona (2016).

Per tal de poder refinar aquesta proporció, es raonable pensar que no tots els vehicles censats a Barcelona són utilitzats pels seus propietaris o, fins i tot, no funcionen després d'un llarg temps d'inactivitat.

Avui en dia no existeixen dades que permetin conèixer el nombre de vehicles inactius a la ciutat de Barcelona. No obstant, l'ajuntament de Barcelona prohibirà l'entrada dels cotxes més antics a Barcelona a partir de l'any 2019, amb previsió d'endurir les condicions de cara l'any 2020, afectant gairebé un **40% del parc actual** (El Periódico, 2016).

Juntament a aquesta mesura, es donen les següents circumstàncies:

- El parc de cotxes de la ciutat de Barcelona ha disminuït amb un ritme interanual del -2,5% dins del període 2012-2015 (Ajuntament de Barcelona, 2016b). Assumint que aquest ritme decreixent es manté, el parc de cotxes del 2020 representarà un 88% del parc actual.
- A més a més de la mesura anteriorment descrita, l'Ajuntament de Barcelona i l'AMB volen reduir la renovació dels vehicles més antics atorgant **3 anys de transport públic gratuït** a aquells individus que desballestin els seu vehicle antic (Dièsel·ls anteriors a 2005 i gasolines

anteriors a 1996) i no comprin cap altre cotxe per a substituir-lo (Vicens, L., 2017).

En base a aquestes mesures i circumstàncies, s'assumeix que a l'hora de la introducció del peatge, el parc de cotxes s'haurà reduït en un **35%** com a conseqüència del desballestament del parc amb prohibició de circular l'any 2020 i la menor renovació del parc de cotxes.

En conseqüència, considerant que es mantenen els 112.433 cotxes que diàriament es mobilitzen i que el parc de cotxes ha baixat fins aproximadament uns 370.000 cotxes, s'haurien de distribuir **3,3 cops** més gran que el **nombre de vehicles** censats a Barcelona que es **mouen diàriament**

Aquesta proporció entre IVU's a distribuir i desplaçaments diaris concorda amb el factor de 3 utilitzat a altres estudis on s'estima l'efecte d'un peatge urbà DRSC (Newbery, D. & Santos, G., 2001).

En conseqüència, per a cada alternativa s'estimarà el nombre d'IVUs a distribuir com a 3,3 cops el nombre de desplaçaments realitzats en cotxe afectats per l'alternativa corresponent.

A continuació s'analitza cadascuna de les alternatives.

4.3.2.1 Alternativa 1

L'alternativa 1 té com a objectiu limitar els desplaçaments de connexió que absorbeix diàriament la ciutat de Barcelona. Per tal d'aconseguir-ho, es planteja un model de peatge de tipus **cordó/via** on es regula l'entrada de vehicles a les grans vies d'accés a Barcelona (veure apartat 3.1).

Les vies restringides pel peatge urbà són:

- La Gran Via de les Corts Catalanes, en el seu extrem Besós (C-31) = 8 carrils
- La Gran Via de les Corts Catalanes, en el seu extrem Llobregat = 8 carrils
- Via B-23 (que posteriorment prossegueix a l'avinguda Diagonal) en el seu extrem Nord-Oest en la connexió del corredor Llobregat amb Barcelona, a l'alçada de la sortida 1B = 6 Carrils
- L'avinguda Meridiana a l'entrada de Barcelona des del Nus de la Trinitat = 11 carrils
- A l'inici de la via B-20 al seu extrem al Nus de la Trinitat (Ronda de Dalt a l'alçada de la sortida 1) = 8 carrils
- A la finalització dins del terme de Barcelona de la via B-20 en la intersecció amb la via B-23 (B-20 a l'alçada de la sortida 11) = 6 carrils

- A l'inici de la via B-10 (Ronda Litoral) en la intersecció amb la via C-31 (Ronda Litoral al Morrot, sortides 18) = 6 Carrils
- Als enllaços de la Ronda Litoral cap les vies de entrada/sortida de Barcelona de gran capacitat:
 - C-31 = 3 carrils
 - B-20 (En sentit Maresme) = 2 Carrils
- C-58 / AP – 1 = 6 Carrils

La següent taula mostra resumidament el nombre de carrils de control d'accés vehicular a habilitar en cadascuna de les vies i en total.

Via	Nº de Carrils	Via	Nº de Carrils
Gran Via de les Corts Catalanes - Besós	8	B-10 - Llobregat	6
Gran Via de les Corts Catalanes - Llobregat	8	Ronda Litoral	9
B-23 / Avinguda Diagonal	6	Enllaç C-31	3
Avinguda Meridiana	11	Enllaç B-20	2
B-20 - Trinitat	8	Enllaç C-58/AP-7	6
B-20 - Esplugues	6	TOTAL	64

Taula 4-5: Nombre de carrils de punts de control d'accés vehiculars necessaris a cadascuna de les principals vies d'accés a la ciutat de Barcelona. Font: Elaboració pròpia.

La següent taula agrupa les dades que caracteritzen l'alternativa 1 de cara a l'anàlisi d'alternatives.

Desplaçaments diaris afectats pel peatge – Alternativa 1			
Persones - INTERNS	0	Persones - CONNEXIÓ	692.443
Cotxes - INTERNS	0	Cotxes - CONNEXIÓ	452.577
Altres paràmetres			
Nombre de carrils necessaris	64	Nombre d'IVUs necessaris	1.492.274

Taula 4-6: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 1. Font: Elaboració pròpia.

4.3.2.2 Alternativa 2

La Ronda de Dalt (via B-20) i la Ronda Litoral (via B-10) són dues de les principals vies arterials de la ciutat, identificades al estudi del RACC sobre la congestió a Barcelona com dos de les vies crítiques amb problemes de congestió recurrents, tant pel matí com per la tarda, com a conseqüència de la

falta de capacitat d'aquestes vies. El conjunt de les dues rondes van presentar al 2015 una IMD de 265.000 vehicles dels quals **185.500 són cotxes**.

L'alternativa 2 pretén reduir el trànsit a les dues Rondes mitjançant un **peatge de via** que registri els vehicles que abandonen les rondes a qualsevol de les sortides emplaçades dins del terme de Barcelona.

La Ronda de Dalt i la Ronda Litoral presenten un total de 30 accessos/sortides. En el cas de la Ronda de Dalt (B-20) la gran majoria d'aquestes entrades i sortides estan formades per un únic carril mentre que la Ronda Litoral (B-10) presenta unes sortides de característiques més diverses.

En aquesta alternativa, es cobreix de les sortides 1 fins la 11 per la Ronda de Dalt i des de la sortida 18 fins la 30 per la Ronda Litoral.

En el cas de voler implementar una tarifa única independent de la localització del punt de sortida o de la distància recorreguda, només seria necessari implementar el sistema pel reconeixement dels vehicles als punts de sortida.

Els accessos de la Ronda de Dalt amb més d'un carril corresponen a:

- En sentit Llobregat-Besós, al final de la B-20 dins del terme de Barcelona al Nus de la Trinitat on, dels 4 carrils s'utilitzen 2 carrils per enllaçar amb la C-58 / AP-7 i dos carrils per prosseguir per la B-20.
- En sentit Besós-Llobregat, sortida 11 de la B-20, on en direcció sud s'empren 2 carrils per enllaçar amb la Diagonal en ambdós sentits a més a més d'utilitzar 2 carrils per prosseguir amb la B-20.

En conseqüència, les sortides de la Ronda de Dalt dins del terme de Barcelona sumen fins 26 carrils.

En el cas de la Ronda Litoral, els enllaços amb més d'un carril són:

- En sentit Llobregat-Besós, al final de la B-10 al Nus de la Trinitat on, dels 3 carrils, s'utilitzen 2 carrils per enllaçar amb la C-58 / AP-7 i un carril per enllaçar amb la B-20 sentit Maresme.
- En sentit Llobregat-Besós, sortida 27, s'empren dos carrils.
- En sentit Besós Llobregat, a les sortides 29 i 21 s'utilitzen dos carrils.
- En sentit Besós-Llobregat, al final de la B-10 dins del terme de Barcelona, a l'alçada de la C-31, s'utilitzen 4 carrils per prosseguir amb la B-10.

En conseqüència, per cobrir totes les sortides es necessiten 26 carrils per la Ronda de Dalt i 36 carrils per la Ronda Litoral, fent un total de **62 carrils**.

La següent taula agrupa les dades que caracteritzen l'alternativa 2 de cara a l'anàlisi d'alternatives.

Desplaçaments diaris afectats pel peatge – Alternativa 2			
Persones - INTERNS	104.348	Persones - CONNEXIÓ	177.722
Cotxes - INTERNS	58.954	Cotxes - CONNEXIÓ	116.158
Altres paràmetres			
Nombre de carrils necessaris	62	Nombre d'IVUs necessaris	577.394

Taula 4-7: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 2. Font: Elaboració pròpia.

4.3.2.3 Alternativa 3

L'alternativa 3 busca restringir la circulació de vehicles a les vies més congestionades de la ciutat, corresponent als principals accessos i a les Rondes de la ciutat.

Aquesta alternativa busca afectar tots els desplaçaments en cotxe de connexió i aquells desplaçaments en cotxe interns que circulen per les Rondes, els quals corresponen a 479.425 i 62.451 desplaçaments respectivament.

Pel que fa al nombre de carrils necessaris, es mantenen els 62 carrils corresponents a les sortides de les Rondes i es redueixen en 28 els carrils necessaris per a cobrir els accessos, sumant un total de **97 carrils**.

A la següent taula es resumeixen les característiques de l'Alternativa 3.

Desplaçaments diaris afectats pel peatge – Alternativa 3			
Persones - INTERNS	104.348	Persones - CONNEXIÓ	692.443
Cotxes - INTERNS	58.954	Cotxes - CONNEXIÓ	452.577
Altres paràmetres			
Nombre de carrils necessaris	97	Nombre d'IVUs necessaris	1.686.662

Taula 4-8: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 3. Font: Elaboració pròpia.

4.3.2.4 Alternativa 4

L'alternativa 4 consisteix en un peatge d'àrea que abastaria la totalitat de Barcelona, incloent-hi els principals accessos, rondes i altres vies d'alta capacitat, podríem considerar que el nombre de desplaçaments afectats per aquesta alternativa serien la totalitat dels desplaçaments realitzats en cotxe, és a dir 1.164.201 desplaçaments de persones.

Per estimar el cost d'implementació que tindria aquest peatge, el qual depèn del nombre de carrils necessaris a cobrir, es pot prendre com a referència els paràmetres del peatge urbà de Londres.

Tal com es descriu breument a l'apartat 4.3.2, al tractar-se d'un peatge d'àrea, el nombre de carrils a cobrir serà proporcional a la superfície de l'àrea afectada i al quadrat de la densitat de xarxa viària de l'àrea afectada.

La següent taula mostra les característiques del peatge urbà de Londres i de l'Alternativa 4.

Nº carrils del peatge urbà Londres	197
Superfície peatge urbà Londres (km²)	22
Densitat de la xarxa viària a Londres (km xarxa / km²)	9,42
Superfície peatge urbà Alternativa 3 (km²)	80 ¹
Densitat de la xarxa viària a Barcelona (km xarxa / km²)	13,4

Taula 4-9: Característiques del peatge urbà de Londres i de l'Alternativa 4. Nota (1) = S'ha descomptat de la superfície total de Barcelona l'àrea corresponent a Collserola i Montjuïc. Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Ajuntament de Barcelona (2016b) i Di, P. (2013).

Així doncs, el nombre de carrils a cobrir d'aquest peatge es podria estimar com:

$$N^{\circ} \text{ carrils} = \frac{\text{Sup. Alternativa}}{\text{Sup. Londres}} \cdot \left(\frac{\text{Dens. BCN}}{\text{Dens. LDN}} \right)^2 \cdot 197 \text{ carrils} = 1.450 \text{ carrils}$$

A la següent taula es resumeixen les característiques de l'Alternativa 4.

Desplaçaments diaris afectats pel peatge – Alternativa 4			
Persones - INTERNS	406.563	Persones - CONNEXIÓ	692.443
Cotxes - INTERNS	229.697	Cotxes - CONNEXIÓ	452.577
Altres paràmetres			
Nombre de carrils necessaris	1.450	Nombre d'IVUs necessaris	2.249.649

Taula 4-10: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 4. Font: Elaboració pròpia.

4.3.2.5 Alternativa 5

Tal com es descriu a l'ANNEX II d'aquest document el districte de l'Eixample agrupa 269.000 desplaçaments en transport privat dels 719.000 desplaçaments que es produeixen diàriament (un 37%).

Per tal de gestionar aquest trànsit, el qual transcorre per la xarxa bàsica i la xarxa local, l'Alternativa 5 consisteix en un peatge d'àrea al districte de l'Eixample.

Per tal d'estimar quin serà el cost d'implementació d'aquesta alternativa es seguirà el mateix procediment que s'ha utilitzat per a l'Alternativa 4.

La següent taula mostra les característiques de tots dos peatges.

Superfície peatge urbà Londres (km²)	22
Densitat de la xarxa viària a Londres (km xarxa / km²)	9,42
Superfície peatge urbà Alternativa 5 (km²)	7,5
Densitat de la xarxa viària a Barcelona (km xarxa / km²)	15,4

Taula 4-11: Característiques del peatge urbà de Londres i de l'Alternativa 5. Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Ajuntament de Barcelona (2016b) i Di, P. (2013).

Així doncs, el nombre de carrils a cobrir d'aquest peatge es podria estimar com:

$$N^{\circ} \text{ carrils} = \frac{\text{Sup. Alternativa}}{\text{Sup. Londres}} \cdot \left(\frac{\text{Dens. BCN}}{\text{Dens. LDN}} \right)^2 \cdot 197 \text{ carrils} = 180 \text{ carrils}$$

A la següent taula es resumeixen les característiques de l'Alternativa 5. Per estimar el nombre de desplaçaments de connexió que també transcorren per l'Eixample s'ha utilitzat la proporció de desplaçaments de cotxes interns i de connexió.

Desplaçaments diaris afectats pel peatge – Alternativa 5			
Persones - INTERNS	152.108	Persones - CONNEXIÓ	259.064
Cotxes - INTERNS	85.937	Cotxes - CONNEXIÓ	169.323
Altres paràmetres			
Nombre de carrils necessaris	180	Nombre d'IVUs necessaris	841.663

Taula 4-12: Valor de les variables requerides per a realitzar l'anàlisi preliminar d'alternatives per a l'Alternativa 5. Font: Elaboració pròpia.

4.3.3 Comparativa de les alternatives considerades

En el procés per estimar l'impacte de les diferents alternatives, s'han considerat les següents hipòtesis:

- Els **usuaris** paguen el cost equivalent a la **tarifa** (T) en **cada desplaçament** que realitzen. No existeixen descomptes per multiviatges (com és el cas d'Estocolm o les ciutats Noruegues, per exemple) però s'assumeix que en cap cas un usuari pagarà dos cops en un sol desplaçament.
- En conseqüència amb els temps de congestió dels desplaçaments interns (5,2 minuts) i de connexió (7,7 minuts) (veure ANNEX II) s'assumeix que l'**impacte social** al afectar un **vehicle** que realitza un **desplaçament de connexió** és aproximadament **1,5 cops** l'impacte generat al afectar un que realitza un **desplaçament intern**.
- Degut a l'horari del peatge urbà (veure apartat 4.1), cadascuna de les alternatives afecten a un 94,4% dels desplaçaments diaris de les vies afectades.
- De cara a estimar els ingressos de les diferents alternatives s'ha considerat que un 15% dels cotxes deixaven de circular com a conseqüència del propi peatge. Aquesta reducció dels ingressos permet realitzar una estimació més conservadora dels ingressos, del període de retorn de la inversió realitzada i del cost per transacció de cada alternativa.
- Per tal de tenir en compte l'increment del cost operatiu d'un peatge urbà degut al processament de les imatges dels vehicles exempts (en aquest cas, per exemple, motocicletes, furgonetes i camions), s'incrementarà la part del cost d'operació corresponent al sistema central proporcionalment al ràtio entre vehicles totals i vehicles subjectes al pagament del peatge.

Per tal de comparar el rendiment de les diferents alternatives, en aquest apartat es comparen diversos indicadors del potencial de les alternatives considerades. Els indicadors que representen l'impacte dels peatges són:

- Nombre d'usuaris de cada tipologia afectats. Ingressos generats per cada alternativa.
- Impacte social del peatge com a nombre total d'usuaris afectats (considerant el factor de ponderació d'1,5 pels desplaçaments de connexió).
- Ingressos generats i impacte social per carril de punt de control d'accés vehicular com a indicador de l'eficiència recaptadora de cada alternativa

- Costos d'implementació i operació per cada alternativa amb les dues tecnologies considerades (ANPR i DSRC).
- Benefici econòmic generat per cada alternativa.
- Període de retorn de la inversió realitzada per a cada alternativa.
- Cost per transacció de cada alternativa.

A continuació s'analitzen els anteriors indicadors per a les diferents alternatives.

4.3.3.1 Nombre d'usuaris de cada tipologia afectats i ingressos diaris generats

La següent figura mostra el nombre d'usuaris de desplaçaments interns i de connexió en cotxe afectats per a cada alternativa. Tal com s'observa a aquesta figura, l'alternativa 4 afecta globalment a un major nombre d'usuaris, seguit de l'alternativa 3, l'alternativa 1 i les alternatives 5 i 2.

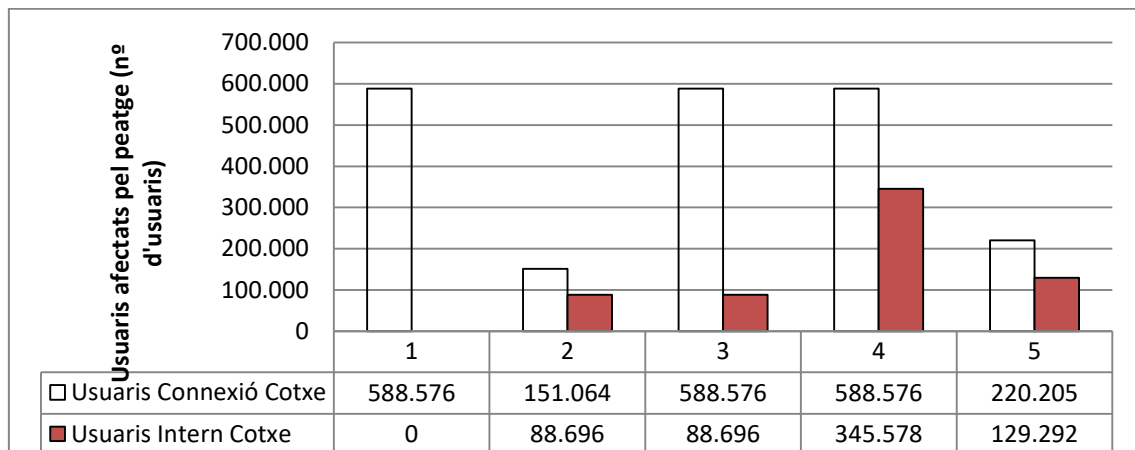


Figura 4-1: Nombre d'usuaris de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe afectats per cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.

D'altra banda, els ingressos diaris dels peatges corresponen al nombre de desplaçaments realitzats en cotxe per la tarifa imposada en cada desplaçament (T). Tal com es descriu anteriorment, s'ha considerat que un 15% dels desplaçaments en cotxe desapareixen com a conseqüència del peatge urbà.

La següent figura mostra els ingressos generats per cada alternativa. Tal com succeeix amb els usuaris afectats, L'alternativa 4 genera els majors ingressos, seguit per l'alternativa 3, l'alternativa 1 i les alternatives 5 i 2.

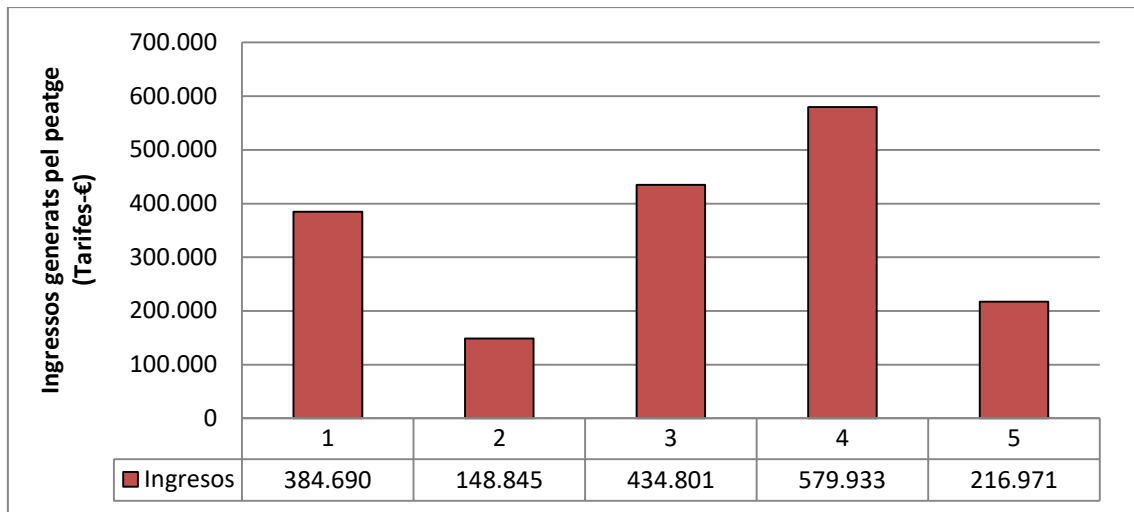


Figura 4-2: Ingressos econòmics generats per cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.

4.3.3.2 Impacte social generat

Entenem com a impacte social els beneficis socials que pot generar un peatge (reducció del temps de viatge, disminució de les emissions, etc.) urbà com a conseqüència de reduir el nombre de vehicles que circulen. Entenem per tant que l'impacte social serà major quants més usuaris es vegin afectats pel propi peatge.

L'impacte social dels peatges s'ha estimat com el nombre total d'usuaris afectats del peatge, ponderant amb un factor de 1,5 els usuaris de desplaçaments de connexió realitzats en cotxe degut a la diferència de temps de congestió dels dos tipus de desplaçaments.

La següent figura mostra l'impacte social de cada alternativa.

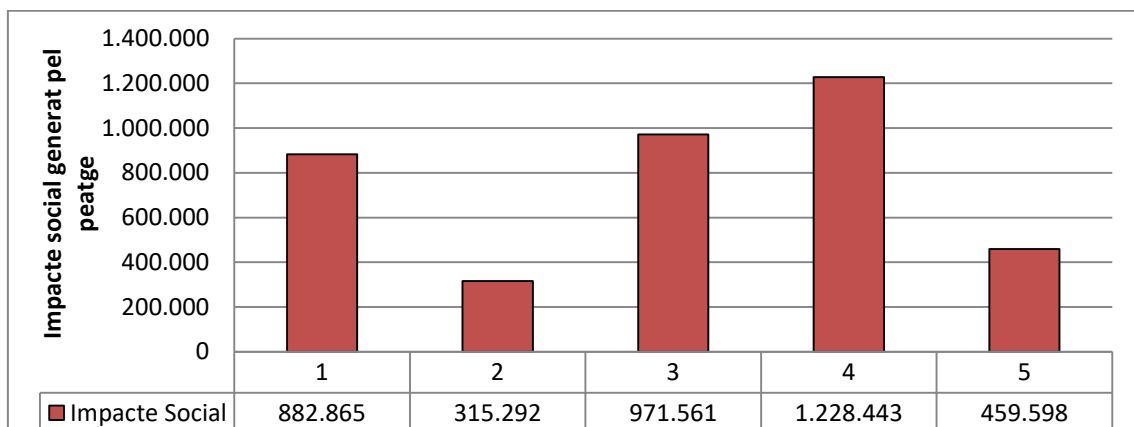


Figura 4-3: Impacte social generat per cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.

En aquest cas, l'impacte social generat per cada alternativa presenta un comportament similar als ingressos i els usuaris totals afectats per la pròpia alternativa i, per tant, no aporta informació addicional.

Al afectar a tots els usuaris del cotxe que es desplacen a Barcelona, l'alternativa 4 presentar els major impacte social, seguit per l'alternativa 3, l'alternativa 1 i les alternatives 5 i 2.

4.3.3.3 *Ingressos generats i impacte social generat per carril de punt de control d'accés vehicular*

Els següents indicadors representen l'efectivitat econòmica i social de cada alternativa ja que representen la capacitat de recaptar ingressos i generar beneficis socials per cada carril d'infraestructura necessària.

La primera figura mostra els ingressos generats per carril mentre que la segona figura mostra l'impacte social generat per carril.

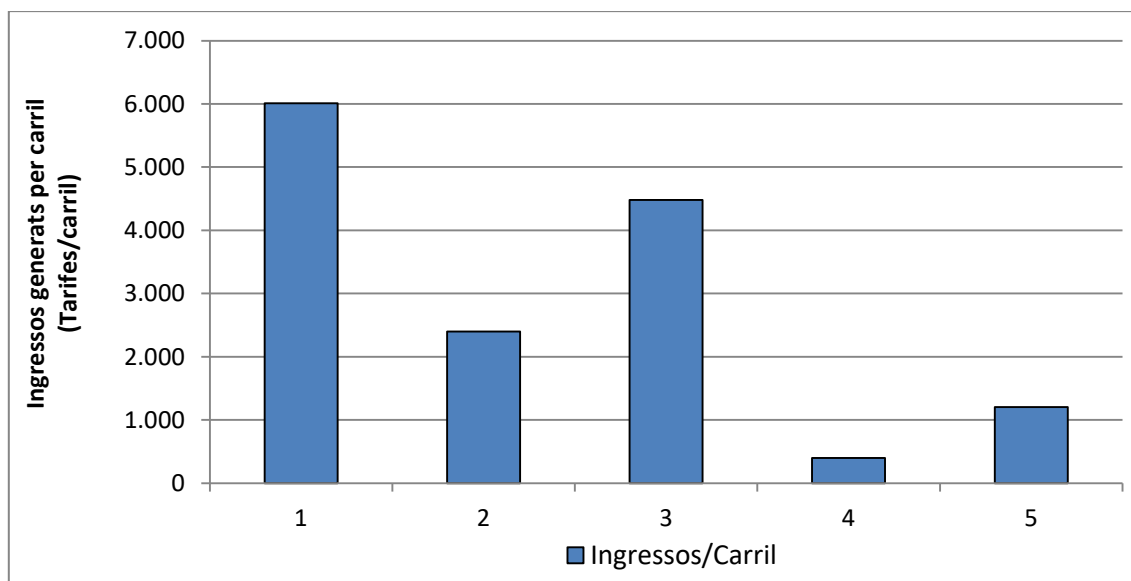


Figura 4-4: Ingressos econòmics generats per carrils d'infraestructura requerit per a cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.

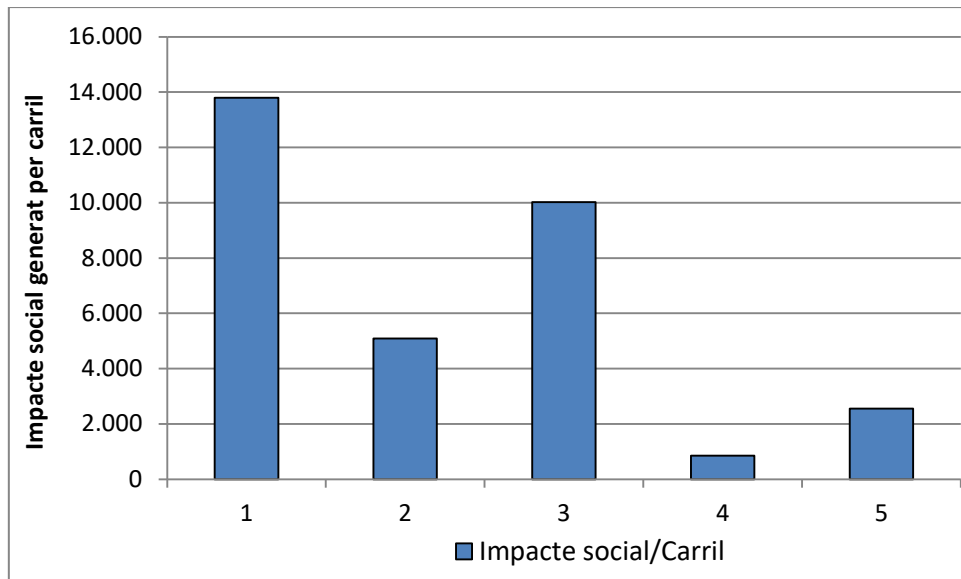


Figura 4-5: Impacte social generat per carrils d'infraestructura requerit per a cada alternativa. Font: Elaboració pròpia.

En les dues figures superiors s'observa que l'Alternativa 1 presenta el major rendiment econòmic i social, seguit de l'Alternativa 3.

Aquests indicadors permeten entendre que l'**Alternativa 4**, a pesar de **generar els majors ingressos i impacte social**, presenta un rendiment econòmic i social excessivament baix en comparació amb la resta d'alternatives.

En conseqüència podem deduir que, a pesar de que els **ingressos econòmics i l'impacte social** de l'alternativa 4 són **notables**, aquests requereixen d'una infraestructura excessiva.

D'altra banda, les **alternatives 1 i 3** presenten un equilibri molt atractiu entre els potencials impactes econòmics i socials d'aquestes alternatives i la infraestructura requerida.

4.3.3.4 Costs d'implementació (ANPR i DSRC).

La següent figura mostra el cost d'implementació de les diferents alternatives segons la tecnologia escollida (ANPR i DRSC) segons les formulacions establertes a l'apartat 2.3.2.1 d'aquest document.

Tal com s'observa a la figura inferior, en la majoria dels casos (amb excepció de l'alternativa 4) el cost d'implementació és relativament similar per ambdues tecnologies.

En el cas de l'alternativa 4, degut a l'elevat volum d'infraestructura necessària, el cost d'implementació d'un peatge amb ANPR és força superior al d'un peatge amb tecnologia DRSC (un 26% aproximadament).

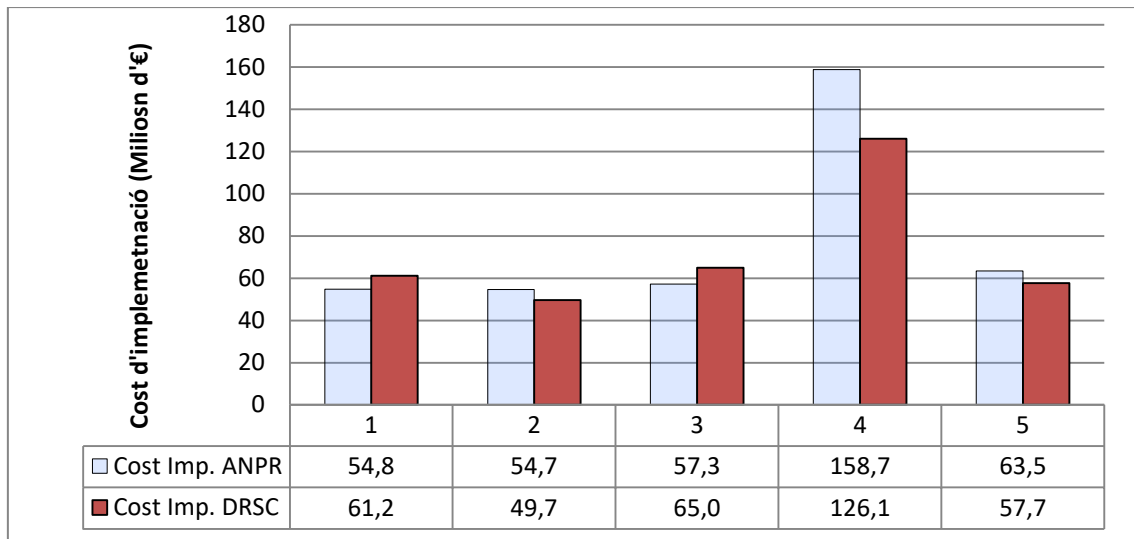


Figura 4-6: Cost d'implementació de les diferents alternatives de peatge urbà per a tecnologia ANPR i DRSC. Font: Elaboració pròpia.

4.3.3.5 Costos d'operació (ANPR i DRSC)

La següent figura mostra el cost d'operació de les diferents alternatives segons la tecnologia escollida (ANPR i DRSC) sense considerar el cost corresponent a les transaccions derivades del pagament del peatge per part dels usuaris (un 2,5% de la tarifa pagada) ja que representen, per a cada alternativa, el mateix cost independentment de la tecnologia emprada.

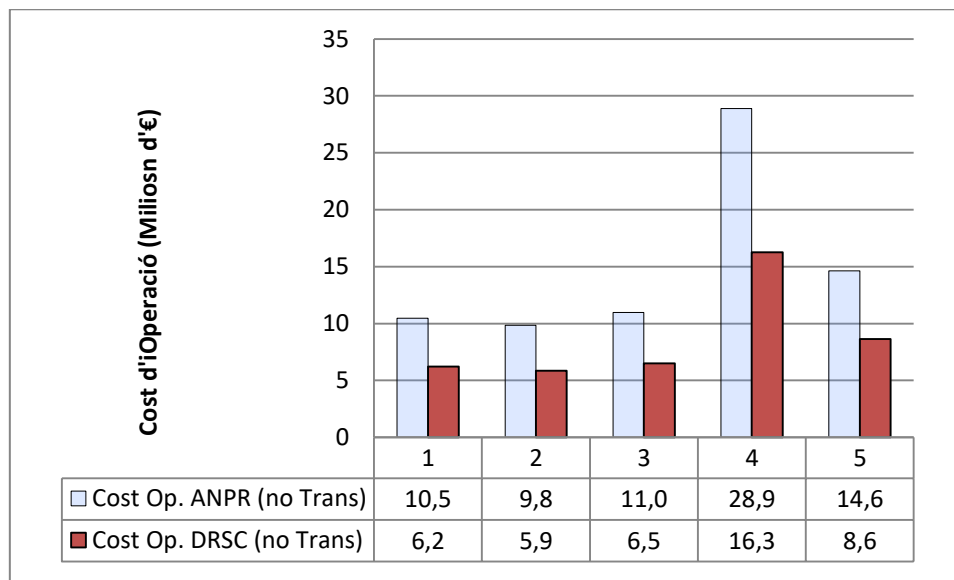


Figura 4-7: Cost d'operació de les diferents alternatives de peatge urbà per a tecnologia ANPR i DRSC. Font: Elaboració pròpia.

Els costos d'operació s'han estimat segons les formulacions establertes a l'apartat 2.3.2.2 d'aquest document incrementant la part corresponent a l'operació del sistema central en base a la proporció entre els vehicles totals

(vehicles subjectes i exempts al pagament del peatge) i els vehicles subjectes al pagament el peatge. La següent taula mostra aquesta proporció per cadascuna de les alternatives.

Vehicles totals / Vehicles subjectes al pagament del peatge	
Alternativa 1	1,30
Alternativa 2	1,22
Alternativa 3	1,32
Alternativa 4	1,68
Alternativa 5	1,68

Taula 4-13: Proporció entre vehicles totals i vehicles subjectes al pagament del peatge per cadascuna de les alternatives.

En cadascuna de les alternatives analitzades, el cost d'operació és superior en cas d'utilitzar tecnologia ANPR en front de tecnologia DRSC.

4.3.3.6 Període de retorn de la inversió realitzada

Un dels aspectes a analitzar sobre cadascuna de les alternatives existents és el període de retorn de la inversió realitzada. En aquest cas, s'ha estimat el període de retorn considerant una taxa de descompte d'1, tal que el període de retorn és directament la inversió realitzada en cada alternativa entre els beneficis econòmics generats per la pròpia alternativa.

Per tal d'estimar els beneficis de cada alternativa és necessari definir **quina tarifa** s'està considerant ja que els ingressos generats pel peatge són directament proporcionals a la pròpia tarifa.

S'ha decidit estimar el benefici per a un rang de tarifes que oscil·len des de 0,75 a 2,50 € per desplaçament. La Figura 4-8 i la Figura 4-9 mostren el període de retorn per a cadascuna de les alternatives en un rang de tarifes entre 0,75 a 2,50 € segons s'utilitzi tecnologia ANPR (Figura 4-8) o tecnologia DSRC (Figura 4-9).

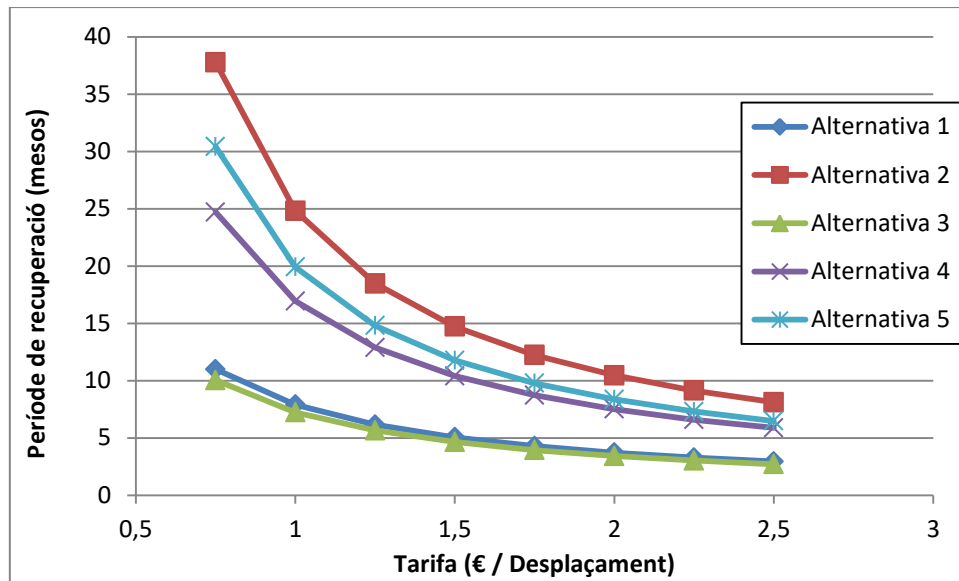


Figura 4-8: Període de retorn de la inversió realitzada en funció de la tarifa per cadascuna de les alternatives amb tecnologia ANPR. Font: Elaboració pròpia.

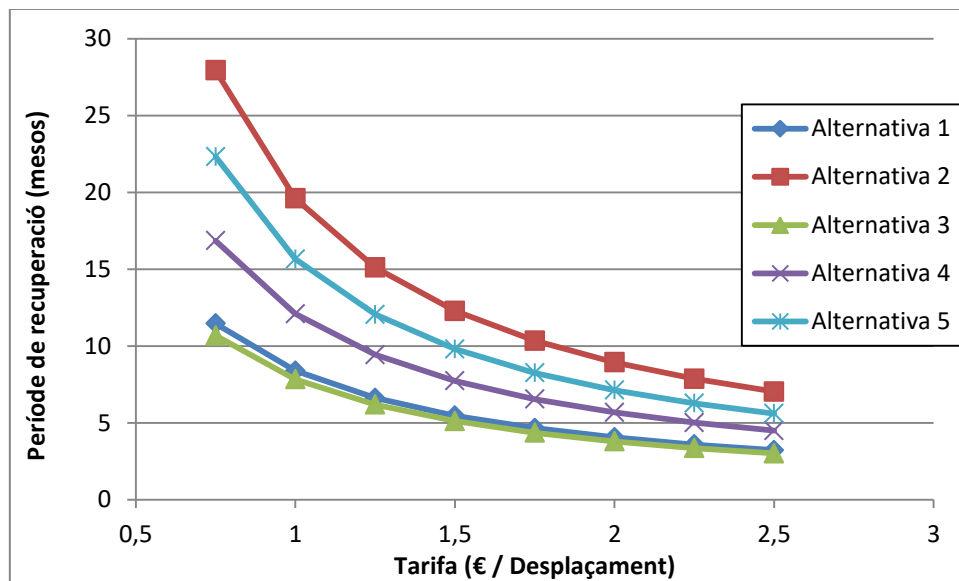


Figura 4-9: Període de retorn de la inversió realitzada en funció de la tarifa per cadascuna de les alternatives amb tecnologia DSRC. Font: Elaboració pròpia.

En ambdues figures es pot observar que l'alternativa 1 i l'alternativa 3, a més de presentar els períodes de retorn més baixos, aquests són pràcticament idèntics entre sí.

Totes dues alternatives presenten **períodes de retorn** de la inversió realitzada **inferiors a un any** d'operació, fins i tot per a les tarifes que generen menors beneficis.

En termes de menors períodes de retorn, les alternatives 1 i 3 són seguides en ordre de menor a majors períodes de retorn les alternatives 4, 5 i 2.

D'altra banda també ressalta el fet que per a totes les alternatives i les diferents tarifes, els períodes de retorn són inferiors quan s'empra tecnologia DRSC, conseqüència dels menors costos d'operació d'aquesta en comparació amb la tecnologia ANPR front als similars costos d'implementació.

Si que considerem que el màxim període de retorn observat a les figures anteriors és de 4 anys i que el període d'avaluació del peatge és de 10 anys, s'assegura la rendibilitat financera de les diferents alternatives del peatge.

4.3.3.7 Cost per transacció

Un bon indicador de la validesa de les estimacions realitzades és el cost per transacció de les diferents alternatives per ambdues tecnologies.

En aquest cas, com que una part dels costos d'operació (corresponent al 2,5% del valor de cada transacció) depèn de la quantia de la tarifa, el cost per transacció per a cada alternativa ha estat calculat per un rang de tarifes: el mateix rang que a l'apartat anterior, de 0,75 a 2,5€ per transacció.

En el cas de d'emprar tecnologia ANPR, el cost per transacció oscil·la entre 0,12 €/transacció i 0,33 €/transacció. Tal com succeeix amb els períodes de retorn de les inversions realitzades, l'alternativa 1 i 3 presenten els menors costos per transacció (d'entre 0,12 i 0,17 € per transacció), seguits de les alternatives 4 (0,22 – 0,26 € per transacció), 5 (0,29 – 0,33 € per transacció) i 2 (0,28 i 0,33 € per transacció).

Cost per transacció ANPR (€/transacció)								
Tarifa (€)	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
Alternativa 1	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17
Alternativa 2	0,28	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33
Alternativa 3	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16
Alternativa 4	0,22	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26	0,26
Alternativa 5	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,33	0,33

Taula 4-14: Cost per transacció de les diferents alternatives per a tecnologia ANPR per a diferents tarifes del peatge. Font: Elaboració pròpia.

Si comparem els costos per transacció de la taula superior (amb una mitjana de 0,23 €/transacció) amb els costos observats als diferents peatges amb tecnologia ANPR (veure Taula 2-11) observem:

- Que el cost per transacció mitjà (0,23 € per transacció) és inferior al cost mitjà observat en els peatges existents amb ANPR (Londres, Milà, Estocolm i Göteborg - 0,79 €/transacció). No obstant, la mitjana

d'aquests peatges s'incrementa notablement degut als peatges de tipus Àrea (Londres i Milà), els quals presenten un elevat cost per transacció degut al reduït nombre de transaccions.

- D'altra banda, els peatges d'Estocolm (0,3 €/transacció) i Göteborg (0,22€/transacció) presenten costos per transacció similars a la mitjana observada (0,23 €/transacció).

Si analitzem, en canvi, el cost per transacció dels peatges amb **tarifa per desplaçament** (veure Taula 2-12), com és el cas de les alternatives considerades, observem:

- El cost mitjà per transacció dels dos grups de peatges (peatges existents i alternatives) són molt similars: el cost per transacció mitjà als peatges existents amb aquest tipus de tarifa és de 0,19 € mentre que el cost mitjà de les alternatives considerades és de 0,23 €.

Tal com és esperable degut als menors costos d'operació, els cost per transacció de les alternatives amb tecnologia DSRC és menor al de les alternatives considerant tecnologia ANPR. En aquest cas el cost per transacció oscil·la entre 0,08 i 0,22 € per transacció.

El cost mitjà per transacció de les alternatives considerades (0,15€ per transacció) és molt similar al cost per transacció de l'únic peatge que funciona amb tecnologia DRSC (Singapur – 0,14 €/transacció) (veure Taula 2-11) així com al cost mitjà dels peatges existents amb tarifes per desplaçament (0,19 €/transacció) (veure Taula 2-12).

En addició, podem observar que els menors cost per transacció observats (0,08 € per transacció) es correspon amb el cost per transacció observat a Bergen (0,08 €/transacció), peatge amb tecnologia mixta ANPR + DRSC.

Cost per transacció DSRC (€/transacció)								
Tarifa (€)	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5
Alternativa 1	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13
Alternativa 2	0,18	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22
Alternativa 3	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12	0,12
Alternativa 4	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17
Alternativa 5	0,18	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,22	0,22

Taula 4-15: Cost per transacció de les diferents alternatives per a tecnologia ANPR per a diferents tarifes del peatge. Font: Elaboració pròpia.

Considerant que els costos per transacció de les alternatives per a ambdues tecnologies és similar als costos per transacció observats als peatges existents,



es pot afirmar que l'estimació dels costos d'operació dels peatges urbans és adequada.

4.3.3.8 Comparativa de les alternatives i elecció del model del peatge

Per tal de comparar i escollir una de les alternatives proposades, en primer lloc s'analitzarà l'indicador més estretament lligat a l'objectiu del peatge: reduir el nombre de vehicles i la congestió a l'àrea d'implementació del peatge.

La Figura 4-3 mostra l'estimació de l'impacte social (desplaçaments de vehicles afectats per cada alternativa) per a cada alternativa. D'aquesta figura se'n dedueix que les Alternatives 4, 3 i 1 (per aquest ordre) presenten el major impacte social front les alternatives 2 i 5, que presenten impactes notablement inferiors.

Si considerem el cost d'implementació (Figura 4-6) i el cost d'operació (Figura 4-7) de les diferents alternatives juntament amb l'impacte social estimat podem **descartar les alternatives 2 i 5** ja que amb costos d'implementació i operació similars a la resta d'alternatives, presenten impactes socials molt menors.

Per tal de d'analitzar quina de les alternatives restants és més convenient, és necessari comparar la rendibilitat econòmica i social de cada alternativa (en termes de ingressos i impacte social per carril d'infraestructura necessària) de les alternatives 1, 3 i 4.

Com s'observa a la Figura 4-4 (econòmic) i Figura 4-5 (social), la rendibilitat econòmica i social de l'alternativa 4 és molt inferior a totes les alternatives i, en particular, a les alternatives 1 i 3.

A més a més de la baixa **rendibilitat**, altres arguments que ens permeten **descartar l'alternativa 4** són:

- Els elevats costos d'implementació i operació de l'alternativa 4 respecte la resta d'alternatives, a pesar de que els temps de recuperació no són excessius.
- La manca d'existència d'un peatge urbà amb característiques similars a l'alternativa 4, el qual pot repercutir en una pobre estimació dels costos d'implementació i operació així com del propi impacte del peatge, repercutint en la fiabilitat del propi anàlisi.

Si comparem les alternatives 1 i 3, extraïem les següents conclusions:

- En termes econòmics (Cost implementació, cost d'operació, període de retorn de la inversió realitzada i cost per transacció) tots dos peatges presenten valors molt semblants.
- Tot i que la rendibilitat econòmica i social de l'alternativa 1 és superior a la de l'alternativa 3, els costos d'operació i implementació són pràcticament idèntics i, a més a més, l'impacte social global és major per l'alternativa 3.

- A l'hora d'estimar l'impacte social dels peatges es té en compte la major importància dels desplaçaments de connexió. No obstant, les rondes són dos de les vies de la ciutat que acumulen majors problemes de congestió, fet que no es té en compte i per tant suposa incórrer en una infraestimació de l'impacte social de l'alternativa 3.

En vista de la **similitud** dels indicadors de les **alternatives 1 i 3**, s'escull l'alternativa 3 ja que, a més a més de cobrir els principals accessos a la ciutat (com l'alternativa 1) inclou dins de les vies restringides les rondes de Barcelona, dues de les vies de la ciutat amb **major congestió**.

En relació a la tecnologia utilitzada en aquestes alternatives, a pesar de que el cost d'implementació amb tecnologia DSRC és superior al cost amb tecnologia ANPR (veure Figura 4-6), els costos d'operació (veure Figura 4-7) i, per tant, els costos per transacció (veure Taula 4-14 i Taula 4-15) són **notablement menors** en el cas d'utilitzar **tecnologia DSRC** i, en conseqüència, sembla raonable utilitzar aquesta tecnologia front la tecnologia ANPR.

No obstant, hi ha altres factors que podria afavorir la utilització de tecnologia ANPR front a la tecnologia DSRC:

- En cas d'utilitzar un sistema amb tecnologia ANPR, aquest podria ser utilitzat paral·lelament per a altres mesures com per exemple la prohibició de circulació dels vehicles més antics, identificant-los mitjançant la seva matrícula, o bé l'obtenció de dades de mobilitat que permetin caracteritzar la mobilitat de la ciutat amb major profunditat.
- En una ciutat amb tanta rellevància sobre el seu entorn com Barcelona, el tractament de desplaçaments ocasionals podria suposar greus problemes tant pels usuaris ocasionals com per l'entitat promotora del peatge.

4.4 Tipologia de tarifa

Una de les parts més rellevants del disseny d'un peatge urbà és determinar quin tipus de tarifa s'utilitzarà.

Es **descarta** utilitzar **tarifes d'estància** ja que no són proporcionals a la utilització que l'usuari fa de les infraestructures congestionades sinó que és una tarifació més pròpia de mesures d'**estacionament regulat**.

Les **tarifes diàries** són senzilles d'implementar i comprendre per part de la població. En cas d'haver implementat un peatge de tipus àrea (Alternatives 4 i 5) aquest tipus de tarifa hagués estat el més adequat degut al seu bon encaix amb aquesta tipologia de peatge.

D'altra banda, un cop l'usuari abona la tarifa diària, el peatge deixa de ser un element dissuasiu i, en conseqüència, l'usuari no té cap impediment per a realitzar tants desplaçaments com es vulgui, el qual **xoca** frontalment amb la **finalitat del peatge**.

En conseqüència, es decideix utilitzar una **tarifa per ús de via/desplaçament**, ja que encaixa amb les alternatives escollides. La tarifa s'aplica cada cop que un usuari realitza un desplaçament dins de l'horari d'operació sense cap màxim diari com és el cas dels peatges d'Estocolm, per exemple.

D'altra banda s'utilitzarà una **tarifa fixa** ja que, a pesar una bona part de la congestió es concentra en una franja horària de 6 hores, els desplaçaments presenten una distribució relativament uniforme, sense una gran davallada entre el pic del matí i de la tarda.

A més a més, aquesta tipologia de tarifa facilita la comprensió de la mesura per part de la població, especialment adient en una població com Barcelona on seria la primera mesura reguladora de la mobilitat de gran magnitud implantada a la ciutat.

4.5 Import de la tarifa

L'import de la tarifa d'un peatge urbà està relacionat amb la **finalitat del propi peatge** així com amb la pròpia voluntat política d'implementar el peatge.

Aquells peatges amb finalitat recaptatòria (per exemple els peatges Noruecs) presenten tarifes menors ja que permeten una major aflluència de vehicles i, per tant, d'ingressos. En canvi, aquells peatges amb objectiu de reduir el nombre de vehicles i congestió presenten tarifes més elevades.

Així mateix, quan major sigui la tarifa del peatge major serà la desigualtat social generada per la pròpia mesura.

Degut a aquesta basant menys quantificable de la tarifa s'establiran **tres tarifes diferents** (una tarifa elevada, una tarifa intermèdia i una tarifa baixa) per les quals s'analitzarà l'impacte del peatge.

Per tal d'establir el nivell d'aquestes tres tarifes s'ha analitzat l'import dels diferents peatges urbans descartant la major part dels peatges amb finalitat recaptatòria (major part dels peatges urbans Noruecs), el peatge urbà de Singapur degut a l'elevat nombre de diferents tarifes i els peatges urbans de Durham i La Vellea com a conseqüència de la seva singularitat. La següent taula mostra la tarifa de cadascun dels peatges urbans utilitzats.

Peatge	Tarifa Peatge (€)	Tipus Tarifa	PIB per Càpita (\$) (2014) ¹	Tarifa Normalitzada (€)
Milà	5	Diària	41.147	1,05
Londres	14,72	Diària	57.157	2,22
Estocolm	1,62	Passada - Hora Vall	56.250	1,04
Estocolm	3,77	Passada - Hora Punta	56.250	2,42
Göteborg	0,97	Passada - Hora Vall	40.331	0,87
Göteborg	2,37	Passada - Hora Punta	40.331	2,12
Oslo	1,73	Passada - Hora Vall	52.802	1,18
Oslo	3,45	Passada - Hora Punta	52.802	2,36
Barcelona	-	-	36.157	-

Taula 4-16: Tarifa dels diferents peatges normalitzats i tarifa normalitzada en base a la diferència de renda per càpita de les ciutats que alberguen els peatges urbans analitzats i Barcelona. Nota (1) = PIB per càpita obtingut de Berube, A., Leal, J., Parilla, J. & Ran, T. (2015). Font: Elaboració pròpia.

Per tal de relativitzar l'import de cada peatge amb la riquesa de la ciutat i posar-ho en termes de la ciutat de Barcelona s'ha utilitzat el PIB per càpita de l'any 2014 (en termes de paritat de poder de compra).

En el cas de les tarifes diàries (Milà i Londres), a més amés de normalitzar-les, s'ha calculat la tarifa per desplaçament equivalent dividint les tarifes diàries entre el nombre mitjà de desplaçaments per persona i dia (4,2).

En el cas dels peatges amb tarifes amb variabilitat horària (Estocolm, Göteborg i Oslo) s'han diferenciat les tarifes d'hora vall i d'hora punta. La següent figura mostra la tarifa normalitzada equivalent per cadascun dels peatges urbans.

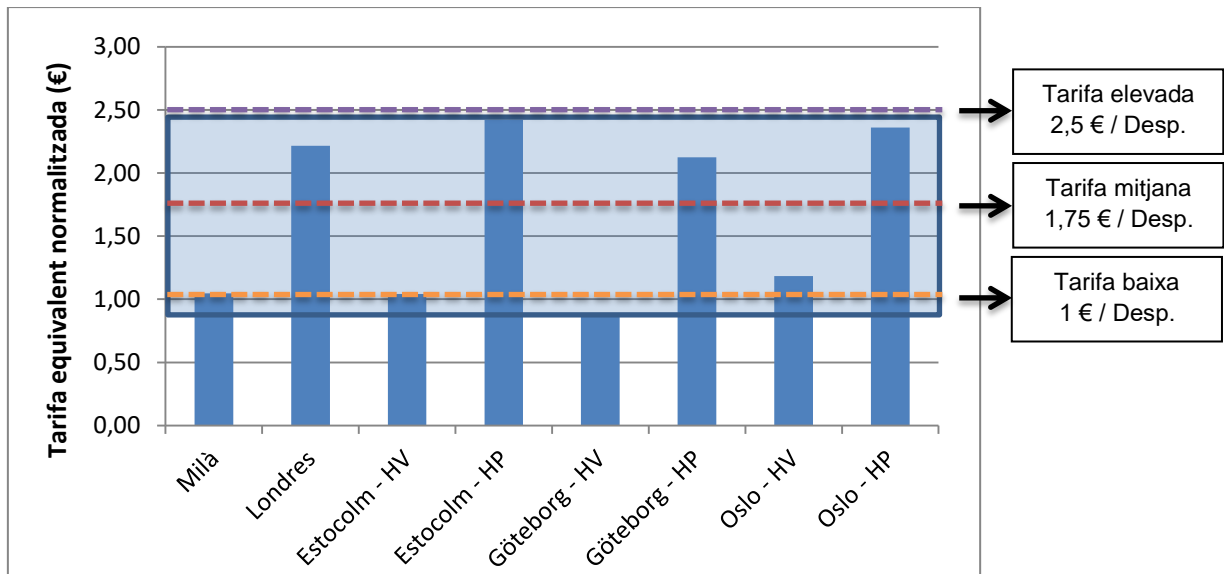


Figura 4-10: Tarifa equivalent normalitzada per cadascun dels peatges urbans analitzats on s'indica el rang de tarifes observat (requadre blau) i les tarifes utilitzades. Font: Elaboració pròpia.

A la Figura 4-10 es mostra el rang de les diferents tarifes normalitzades (requadre blau), on la menor tarifa correspon a la de Göteborg en hora vall (0,87 €) i la major a la d'Estocolm (2,42€).

En base al rang de tarifes observats, s'estableixen les següents tarifes:

- Una tarifa baixa (línia carbassa a la Figura 4-10) amb un import de 1 € per cada desplaçament.
- Una tarifa intermèdia (línia vermella la Figura 4-10) amb un import de 1,75 € per cada desplaçament.
- La tarifa elevada (línia morada a la Figura 4-10) amb un import de 2,5 € per cada desplaçament.

Com es pot observar, les tres tarifes queden, respectivament al part baixa, intermèdia i elevada del rang de tarifes.

4.6 Model de peatge urbà proposat

A la següent taula es mostren de forma sintètica els diferents elements conformadors que defineixen el peatge urbà a Barcelona. A l'ANNEX III es mostra la localització (de forma orientativa) dels diferents punts de detecció a implementar.

Dies d'operació del peatge	Dilluns a divendres
Horari d'operació del peatge	6 a 22 hores (afectació del 94,4% de la mobilitat)
Vehicles subjectes al pagament el peatge	Cotxes
Vies afectades	Accessos a Barcelona i Rondes (B-10 i B-20)
Desplaçaments de connexió en cotxe afectats (persones)	692.443 ¹
Desplaçaments de connexió en cotxe afectats (vehicles)	452.577 ¹
Desplaçaments interns en cotxe afectats (persones)	104.348
Desplaçaments interns en cotxe afectats (vehicles)	58.954
Punts de detecció necessaris	97 carrils distribuïts entre la Ronda de Dalt, la Ronda Litoral i els accessos
Tecnologia emprada	DRSC amb ANPR per a identificació d'infractors
Nombre d'IVUs necessaris	Aproximadament 1.700.000
Tipologia de tarifa	Tarifa fixa per desplaçament
Import de la tarifa	Tres tarifes a analitzar: 1 € / 1,75 € / 2,5 €

Taula 4-17: Elements conformadors i característiques de l'alternativa escollida. Nota (1) = Nombre de desplaçaments afectats considerant el 94,4% de la mobilitat afectada pel peatge urbà. Font: Elaboració pròpia.

5 Impacte del peatge sobre la mobilitat de Barcelona

L'objectiu d'aquest apartat és descriure el procés utilitzat per a estimar l'impacte del peatge urbà definit a l'apartat 4.

La següent figura mostra, de forma esquemàtica, com actua el peatge urbà, l'impacte que genera sobre mobilitat i el procediment a utilitzar per estimar-lo.

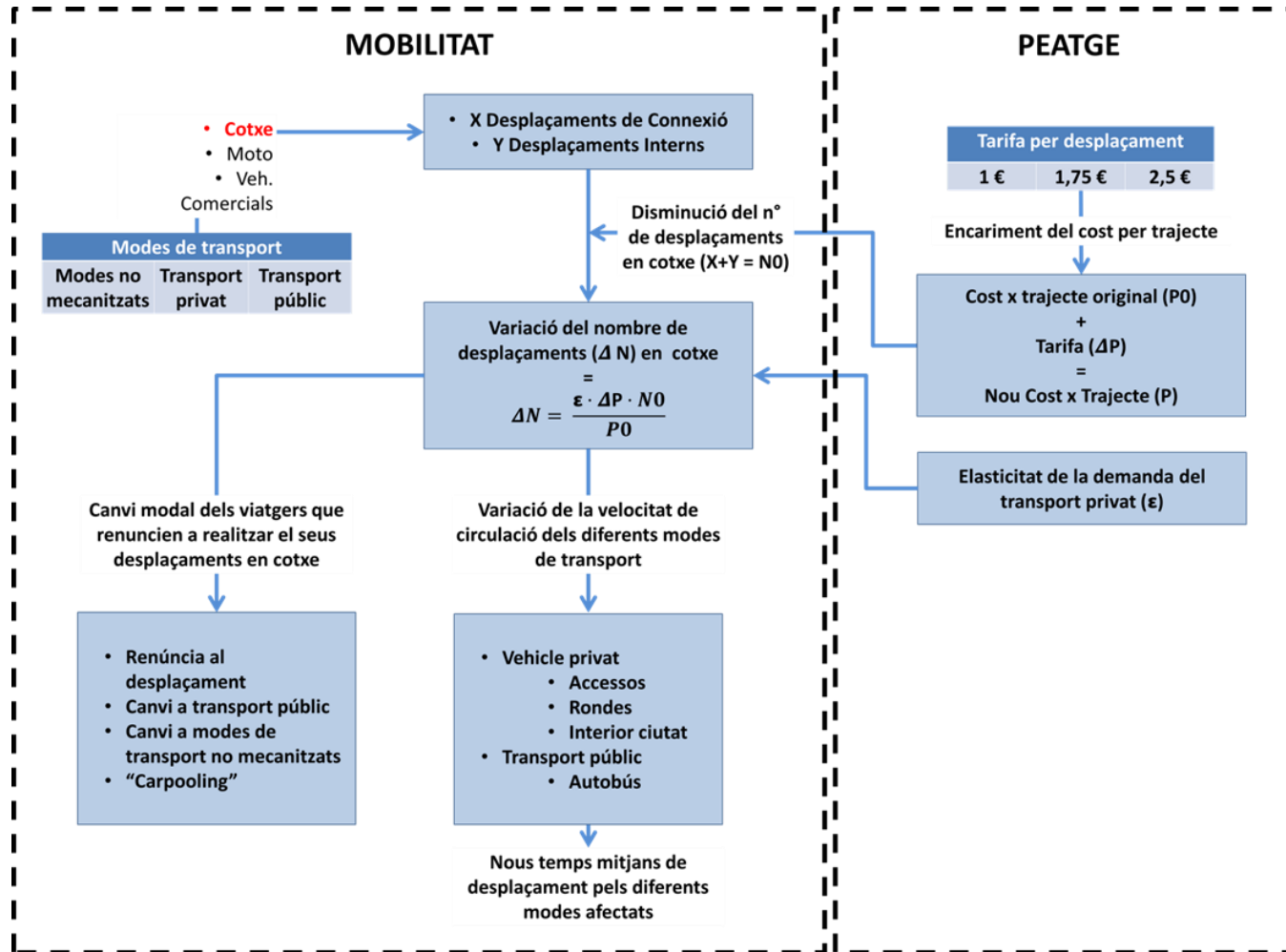


Figura 5-1: Representació esquemàtica de l'impacte del peatge urbà sobre la mobilitat de Barcelona on els requadres color verd indiquen en quin apartat s'estima cadascun dels impactes del peatge. Font: Elaboració pròpia.

5.1 Impacte teòric de l'evolució del peatge urbà sobre la mobilitat de l'àrea afectada

En base als casos de Milà i Estocolm (veure ANNEX I) es pot assumir que l'efecte del peatge es manté relativament constant al llarg del temps.

En conseqüència, s'assumeix que la reducció de desplaçaments generada pel peatge urbà sobre la mobilitat de l'any 2015 es mantindrà constant (en termes de nombre de desplaçaments de connexió i interns desapareguts) durant tot el període d'estudi.

En conseqüència, és esperable que un cop el peatge hagi entrat en funcionament, reduint el nombre de desplaçaments a les diferents vies de la ciutat i el seu entorn, es mantingui l'evolució esperada (i.e. les variacions interanuals calculades) sobre el nombre de desplaçaments pre-peatge descomptant la reducció de desplaçaments generada pel peatge en cada any del període d'estudi (2015-2025).

5.2 Evolució esperada de la mobilitat de l'àmbit del peatge urbà

Per tal de poder comptabilitzar els costos i beneficis generats pel peatge durant tot el període d'estudi, és necessari estimar com evolucionarà la mobilitat durant aquest mateix període atès que l'evolució natural del nombre de desplaçaments condiciona els costos i beneficis associats del peatge.

Per tal d'establir quina serà la tendència que seguirà la mobilitat de l'àmbit analitzat, s'ha estudiat l'evolució de la IMD durant període **2005-2015** de **tres tipus de vies**:

- IMD a les vies principals, representativa de la mobilitat a la xarxa bàsica i local de la ciutat – S'utilitzarà per estimar l'**evolució** esperada dels **desplaçaments interns** realitzats en cotxe, moto i altres modes.
- IMD als accessos, representativa de la mobilitat de connexió – S'utilitzarà per estimar l'**evolució** esperada dels **desplaçaments de connexió** realitzats en cotxe, moto i altres modes.
- IMD a les Rondes, representativa de la mobilitat a les pròpies Rondes - S'utilitzarà per estimar l'**evolució** esperada dels **desplaçaments interns** i de **connexió** realitzats en cotxe, moto i altres modes a les Rondes.

Les dades d'IMD del període 2005-2015 representen adequadament la tendència global esperable de la mobilitat a Barcelona ja que aquest període inclou anys de crisi i recuperació econòmica.

Per a cada tipus de via s'ha calculat la **tassa de variació interanual mitjana** que hauria produït una variació de IMD durant aquest període idèntica a l'evolució observada. Per tal d'estimar l'**evolució** de la **mobilitat** durant el **període d'estudi**, s'assumeix que el nombre de desplaçaments en cadascuna d'aquestes vies **decreixerà** segons la **variació interanual mitjana** del període 2005-2015.

En particular, el càlcul de les tasses s'ha realitzat mitjançant la següent expressió:

$$Var_{IMD} = \left(\frac{IMD_{2015}}{IMD_{2005}} \right)^{\frac{1}{9}} - 1$$

On Var_{IMD} és la variació interanual mitjana, IMD_{2015} i IMD_{2005} són respectivament l'IMD dels anys 2015 i 2005.

La següent taula mostra l'IMD de les vies principals, els accessos i les rondes de Barcelona durant els anys 2005 i 2015 així com la taxa de variació interanual mitjana calculada.

ANY	Vies principals	Accessos	Rondes
2005	886.456	1.173.779	272.795
2006	873.156	1.201.723	275.591
2007	884.397	1.218.934	276.526
2008	869.630	1.166.382	275.066
2009	846.799	1.120.823	271.799
2010	846.125	1.112.512	274.166
2011	826.735	1.088.546	266.501
2012	824.789	1.069.386	263.421
2013	807.223	1.058.643	260.627
2014	803.933	1.050.109	257.642
2015	807.386	1.079.523	264.605
Variació Interanual Mitjana	-1,03%	-0,93%	-0,34%

Taula 5-1: IMD a les diferents vies de la ciutat de Barcelona (Vies principals, Accessos i Rondes) durant el període 2005-2015. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de Regidoria de Mobilitat, Ajuntament de Barcelona (2016).

Un cop determinada quina és l'evolució esperable de la mobilitat, cal determinar com afectarà el peatge a la mobilitat actual i a la tendència esperable d'aquesta.

5.2.1.1 Evolució de la mobilitat en cas de no implementar-se el peatge urbà (Alternativa 0)

La següent taula mostra les IMDs esperables a les diferents vies de la ciutat i el seu entorn en base a les tasses de variació interanual mitjanes representades a la Taula 5-2.

ANY	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Vies principals	1.105.393	1.094.605	1.083.922	1.073.343	1.062.868	1.052.496	1.042.225	1.032.054	1.021.983	1.012.011	1.002.136
Cotxe - IN	243.323	240.816	238.336	235.881	233.452	231.047	228.667	226.312	223.981	221.674	219.391
Moto - IN	262.302	259.600	256.926	254.280	251.661	249.069	246.503	243.964	241.452	238.965	236.503
Altres - IN	2.844	2.814	2.785	2.757	2.728	2.700	2.672	2.645	2.617	2.591	2.564
Cotxe - CON	479.425	474.966	470.549	466.173	461.837	457.542	453.287	449.072	444.895	440.758	436.659
Moto - CON	107.324	106.326	105.337	104.357	103.387	102.425	101.473	100.529	99.594	98.668	97.750
Altres - CON	10.176	10.082	9.988	9.895	9.803	9.712	9.622	9.532	9.444	9.356	9.269
Accessos	596.925	591.374	585.874	580.426	575.028	569.680	564.382	559.133	553.933	548.782	543.678
Cotxe - CON	479.425	474.966	470.549	466.173	461.837	457.542	453.287	449.072	444.895	440.758	436.659
Moto	107.324	106.326	105.337	104.357	103.387	102.425	101.473	100.529	99.594	98.668	97.750
Altres	10.176	10.082	9.988	9.895	9.803	9.712	9.622	9.532	9.444	9.356	9.269
Rondes	264.605	263.705	262.809	261.915	261.025	260.137	259.253	258.371	257.493	256.617	255.745
Cotxe - IN	61.365	61.156	60.948	60.741	60.534	60.329	60.123	59.919	59.715	59.512	59.310
Cotxe - CON	122.729	122.312	121.896	121.482	121.069	120.657	120.247	119.838	119.430	119.024	118.620
Moto	77.255	76.992	76.730	76.469	76.209	75.950	75.692	75.435	75.178	74.923	74.668
Altres	3.256	3.245	3.234	3.223	3.212	3.201	3.190	3.180	3.169	3.158	3.147

Taula 5-2: IMD (desplaçaments vehiculars) a les diferents vies de la ciutat de Barcelona i el seu entorn. Nota = L'abreviació IN indica desplaçaments interns mentre que l'abreviació CON indica desplaçaments de connexió. Font: Elaboració pròpia.

5.3 Càlcul de l'impacte del peatge urbà sobre el volum de desplaçaments en cotxe

En aquest apartat es descriu el procediment seguit per tal d'estimar la reducció de desplaçaments en cotxe generada pel peatge urbà en les seves diferents versions (diferents tarifes).

Per estimar la reducció de desplaçaments en cotxe generada pel peatge urbà s'utilitzarà la següent expressió, derivada de la fórmula de l'elasticitat d'arc (veure apartat 2.4).

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta N}{N_0}}{\frac{\Delta P}{P_0}} \rightarrow \varepsilon = \frac{\Delta N \cdot P_0}{\Delta P \cdot N_0} \rightarrow \Delta N = \frac{\Delta P \cdot N_0 \cdot \varepsilon}{P_0}$$

On:

- ΔN és la variació de desplaçaments en cotxe
- ΔP és la variació del cost per trajecte, equivalent a la tarifa del peatge
- N_0 és el nombre de desplaçaments en cotxe original (pre-peatge)
- P_0 és el cost per trajecte original (pre-peatge)
- ε és l'elasticitat de la demanda del transport privat a canvis en el cost de desplaçament

En els següents apartats es defineixen les diferents variables que intervenen en l'estimació de la reducció del nombre de vehicles un cop implementat el peatge urbà.

5.3.1 Nombre de desplaçaments en cotxe abans de la introducció del peatge urbà (N_0)

Tal com es descriu a l'apartat 4.6, les vies afectades pel peatge urbà són els accessos i les rondes de la ciutat de Barcelona. En conseqüència, el nombre de desplaçaments afectats correspon al nombre de desplaçaments que transcorren per aquestes vies en l'horari d'operació.

La següent taula mostra el nombre de desplaçaments interns i de connexió en cotxe afectats pel peatge urbà als accessos i a les rondes.

ACCESSOS		RONDES	
Intern	Connexió	Intern	Connexió
0	479.425	61.365	122.729

Taula 5-3: Nombre de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe afectats pel peatge urbà als accessos i a les rondes de la ciutat. Font: Elaboració pròpia.

5.3.2 Estimació de la elasticitat (ϵ)

El valor de la elasticitat de la demanda del transport privat a utilitzar és de **-0,55** d'acord a l'anàlisi realitzat a l'apartat 2.4.

5.3.3 Estimació del cost mitjà per trajecte original (P_0)

El cost mitjà per desplaçament es pot calcular a partir de la següent fórmula:

$$Cost\ desplaçament\ (\text{€}) = Cost\ unitari\ \left(\frac{\text{€}}{\text{km}}\right) \cdot Dist.\ mitjana\ desp.\ (km)$$

En particular, calcularem el cost per desplaçament intern i per desplaçament de connexió per reflectir el diferent impacte del peatge sobre els dos tipus de desplaçaments.

5.3.3.1 Cost unitari dels desplaçaments

En aquest cas es considera que el cost unitari del desplaçament està format únicament pels costos percebuts per l'usuari, que corresponen a:

- Cost de funcionament viari
- Cost de combustible utilitzat
- Cost d'aparcament

Els dos primers costos s'han obtingut a partir dels valors recomanats al document "Guia per a l'avaluació de projectes de transport" (Mcrit, 2010) mentre que el cost d'aparcament s'ha extret del document "Seguiment i actualització dels costos socials i ambientals de la mobilitat a la regió metropolitana de Barcelona per a l'any 2012" (SENER, 2015).

5.3.3.1.1 Cost de funcionament viari dels turismes

La següent figura mostra els valors recomanats pel cost de funcionament viari del cotxe (turismes), expressat en € per veh·km.

	<u>Turismes</u>	<u>Vehicles pesants</u>
Conservació	0.06	0.76
Lubricants	0.00	0.01
Pneumàtics	0.01	0.08
Total	0,07	0.85

Figura 5-2: Cost de funcionament viari de turismes i vehicles pesants en €/veh-km). Font: Mcrit (2010).

Al tractar-se de dades de 2010, segons indica la pròpia guia, els costos s'actualitzaran d'acord a l'evolució del deflector global de la economia.

Per tal d'analitzar l'evolució del deflector total de la economia s'han emprat dades del deflector global del PIB. Atès que no es disposen de dades del PIB de Catalunya en preus corrents i preus constants (el qual permetria calcular el deflector del PIB per Catalunya), s'ha utilitzat l'evolució del deflector del PIB d'Espanya.

La següent taula mostra l'evolució del deflector del PIB d'Espanya respecte l'any base (2010) entre els anys 2011 i 2015, de manera que l'evolució del deflector en el període 2010-2015 és d'aproximadament un 0,7%.

Any	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Índex de variació respecte any base (2010)	100	100,029	100,097	100,451	100,185	100,689

Taula 5-4: Evolució de l'índex de variació del deflector del PIB d'Espanya respecte l'any base (2010). Font: Elaboració pròpia a partir de dades de The World Bank Group (2016).

Per tal de reflectir aquesta evolució dels costos de funcionament, s'expressarà el cost per vehicle i 100 quilòmetres. La següent taula mostra el costos de funcionament actualitzats a l'any 2015 en base a l'increment de 0,7%.

Cost (€/veh·100km)	Conservació	Lubricants	Pneumàtics	Total
Turismes	6,041	0,000	1,007	7,048

Taula 5-5: Cost de funcionament viari de turismes i vehicles pesants en €/veh·100km) actualitzats a any 2015. Font: Elaboració pròpia.

5.3.3.1.2 Cost del combustible emprat

El cost en combustible per quilòmetre s'estima mitjançant el consum de carburant (en grams) per quilòmetre i el cost actualitzat del carburant.

El consum de combustible d'un cotxe depèn de la velocitat a la qual circula. La següent taula mostra el consum de combustible de turismes i vehicles pesats per a diferents rangs de velocitat.

	Lleugers	Pesants
< 45 km/h	60,96	230,81
45 - 55 km/h	45,67	178,19
55 - 65 km/h	43,2	169,78
65 - 75 km/h	38,76	173,57
75 - 85 km/h	37,81	182,12
85 - 100 km/h	39,21	195,43
> 100 km/h	48,05	236,31

Figura 5-3: Consum de combustible en grams per quilòmetre segons velocitat de conducció. Font: Mcrit (2010).

La velocitat de conducció mitjana és diferent segons el tipus de desplaçament realitzat. Les velocitats de circulació de cada tipus de desplaçament queden definides a l'apartat 5.3.3.2.

Pel que fa als desplaçaments interns, presenten una velocitat mitjana inferior a 45 km/h per tant el seu consum equival a 60,96 gr. de combustible per km recorregut.

D'altra banda, en el cas dels desplaçaments de connexió el consum de combustible canvia entre la part del recorregut realitzada als corredors d'accés i la part del recorregut realitzada al interior de la ciutat.

A la part interna, el consum serà idèntic al dels desplaçaments interns (60,96 gr. de combustible per km) mentre que als corredors d'accés, al presentar una velocitat mitjana de 87,5 km/h, el consum correspon a 37,81 gr. de combustible per km recorregut.

El cost actualitzat del combustible a la província de Barcelona a l'any 2015 va ser de (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2016):

- Gasolina: 53,94 cts./litre o bé 122,46 cts./litre amb impostos
- Gasoil: 53,62 cts./litre o bé 110,74 cts./litre amb impostos

Per tal de poder calcular el cost per combustible mitjà per vehicle es necessari ponderar els costos anteriors **considerant impostos**, atès que estem estimant el cost percebut per l'usuari, en base al percentatge de vehicle que utilitzen gasolina i gasoil.

Segons les dades del document "*EMEF 2015. La mobilitat a l'àmbit del sistema tarifari integrat de l'àrea de Barcelona.*" (ATM, Ajuntament de Barcelona, AMB & AMTU, 2016 a), el 33,8% del parc circulant utilitza benzina front el 65,4% que utilitza gasoil i un 0,8% de vehicles que utilitzen altres combustibles.

La conversió utilitzada per obtenir el cost unitari mitja de cada desplaçament es mostra a la següent taula.

Etapa del desplaçament	INTERN		ACCESSOS	
	Benzina	Gasoil	Benzina	Gasoil
Tipus de cotxe				
Consum (gr/km)	60,96	60,96	39,21	39,21
Densitat (gr/L)	680	850	680	850
Consum (L/km)	0,090	0,072	0,058	0,046
Preu combustible (€/L)	1,2246	1,1074	1,2246	1,1074
Cost combustible (€/km)	0,1098	0,0794	0,0706	0,0511
% de cada tipus de cotxe	34,1%	65,9%	34,1%	65,9%
Cost unitari consum combustible (€/km)	0,0898		0,0557	

Taula 5-6: Conversió del consum de combustible als costos unitaris de consum de combustible. Nota = S'ha considerat preus de combustible amb impostos inclosos. Font: Elaboració pròpia.

5.3.3.1.3 Cost d'aparcament

El document "Seguiment i actualització dels costos socials i ambientals de la mobilitat a la regió metropolitana de Barcelona per a l'any 2012" (SENER, 2015) proporciona els **costs interns percebuts unitaris** per turismes en desplaçaments urbans i interurbans. Aquests costos unitaris estan conformats pel cost unitari d'aparcament i el cost unitari de combustible consumit.

El cost unitari intern dels desplaçaments urbans en turismes és de 0,387 €/km mentre que el cost unitari del desplaçaments interurbans és de 0,085 €/km.

El cost unitari d'aparcament a la xarxa interna i als accessos s'ha calculat a partir de la diferència entre el cost intern percebut unitari i el cost unitari per consum de combustible de cada tipologia, obtenint-se els següents costos unitaris d'aparcament:

- Cost d'aparcament unitari en xarxa interna = 0,297 €/km
- Cost d'aparcament unitari en accessos = 0,027 €/km

Al document "Seguiment i actualització dels costos socials i ambientals de la mobilitat a la regió metropolitana de Barcelona per a l'any 2012" el cost d'aparcament s'estima en base al cost d'aparcament en origen (pàrquing de propietat) i al cost d'aparcament en destinació.

A l'hora de considerar el cost mitjà per desplaçament s'han considerat únicament aquells costos que l'usuari percep només si realitza el desplaçament.

Com s'ha vist, el cost d'aparcament inclou els costos d'aparcament origen, calculat a partir del cost del pàrquings de propietat i lloguer, els quals no poden ser considerats com a costos de desplaçament ja que l'usuari percep aquest costos independentment de realitzar el desplaçament o no tal com ocorre, per exemple, amb els costos de propietat d'un vehicle (no considerats en el cost de desplaçament)

Considerant que no es disposa del desglossament dels costos interns percebuts unitaris, s'ha assumit que els costos d'aparcament en origen i destinació representen respectivament un 50% del cost unitari d'aparcament.

Per consegüent, el cost unitari que s'utilitzarà per calcular el cost de desplaçament correspon únicament al cost unitari d'aparcament en destinació, és a dir, a la meitat dels valors indicats anteriorment. La següent taula mostra els costos unitaris d'aparcament per desplaçaments en la xarxa interna i als accessos.

Cost unitari d'aparcament (€/veh·100km)	INTERN	ACCESSOS
	0,149	0,014

Taula 5-7: Cost de funcionament viari de turismes i vehicles pesants en €/veh·100km actualitzats a any 2015. Font: Elaboració pròpia.

5.3.3.2 Distància Mitjana de desplaçament

La següent taula mostra el temps de recorregut mitjà pel cotxe en els diferents tipus de recorregut.

Temps mitjà de desplaçament (min)	
Tipus de desplaçament	Cotxe
Intern	21,6
Connexió	34,5
Accessos	12,9

Taula 5-8: Temps mitjà de desplaçaments per a desplaçaments interns, de connexió i pel tram dels desplaçaments de connexió realitzat als accessos. Font: Elaboració pròpia.

La distància mitjana de cada desplaçament es pot obtenir a partir dels temps de desplaçament juntament amb la velocitat mitjana de circulació de cada part del

desplaçament. En particular, es necessari calcular la velocitat mitjana de circulació als accessos i als desplaçaments interns.

L'any 2014 va ser l'últim en el que es van incloure a les Dades bàsiques de mobilitat les velocitats de circulació a les diferents vies de la ciutat. En particular, aquest document (Regidoria de Mobilitat & Ajuntament de Barcelona, 2015) proporciona la velocitat de circulació de les vies de ciutat (20,6 km/h) i de les rondes (59,2 km/h).

Tot i que es podria utilitzar directament la velocitat de les vies de ciutat, estaríem ometent els trams de desplaçament realitzats a les rondes. Per tal d'entendre quina part dels desplaçaments es realitzen a les rondes podem analitzar la mobilitat observada als diferents districtes, vies de la ciutat i tipologies de vehicle l'any 2014 (veure taula inferior).

Mobilitat (veh-km)	
Total ciutat	12.560.225
Rondes	2.925.238
Xarxa bàsica i local	9.634.987
Total cotxe	6.554.581

Taula 5-9: Mobilitat observada a la ciutat (rondes + xarxa bàsica i local), a les rondes i a la xarxa bàsica i local. Mobilitat total associada a desplaçaments en cotxe. Font: Elaboració pròpia.

Assumint que el cotxe acapara la mateixa proporció de mobilitat als diferents tipus de via, es pot estimar la mobilitat observada a les diferents vies de la ciutat en desplaçaments realitzats en cotxe (veure taula inferior).

Mobilitat en cotxe (veh-km)	
Total ciutat	6.554.581
Rondes	1.526.542
Xarxa bàsica i local	5.028.039

Taula 5-10: Mobilitat estimada a la ciutat (rondes + xarxa bàsica i local), a les rondes i a la xarxa bàsica i local per desplaçaments realitzats en cotxe. Font: Elaboració pròpia.

A partir de els dades d'EMEF 2014 (ATM, Ajuntament de Barcelona, AMB & AMTU, 2015) i de "Dades bàsiques de mobilitat 2014" (Regidoria de mobilitat & Ajuntament de Barcelona, 2015), podem obtenir el nombre de desplaçaments vehiculars a les rondes i al conjunt de la ciutat, seguint el procediment descrit a l'apartat **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (veure taula inferior)

Desplaçaments (veh)	
Desplaçaments interns	226.869
Desplaçaments de connexió	426.104
Desplaçaments a les rondes	180.490

Taula 5-11: Desplaçaments vehiculars interns, de connexió i a les rondes. Font: Elaboració pròpia.

Assumint que la mobilitat de la xarxa de la ciutat (xarxa bàsica i local) es distribueix entre la totalitat dels desplaçaments (desplaçaments interns i desplaçaments de connexió) i que la mobilitat de les rondes es distribueix entre els desplaçaments de les rondes, obtenim les següents distàncies mitjanes de desplaçament:

- Distància mitjana a les rondes: 8,5 km
- Distància mitjana a la xarxa de la ciutat: 7,7 km

Recordant que les velocitats per aquestes vies eren respectivament 59,2 km/h i 20,6 km/h, podem obtenir els temps mitjans de desplaçament:

- Temps mitjà a les rondes: 8,6 min
- Temps mitjà a la xarxa de la ciutat: 22,4 min

Per obtenir finalment la velocitat mitjana a la ciutat considerant els desplaçaments que transcorren per les rondes, s'han ponderat la velocitat de les rondes i la xarxa de la ciutat amb el temps total invertit en cada xarxa (nombre de vehicles x temps mitjà de desplaçament), obtenint una velocitat mitjana de **24,3 km/h**.

En conseqüència, considerant que el temps mitjà dels desplaçaments interns en cotxe és de 21,6 minuts, la distància mitjana recorreguda és de **8,7 km**.

Per altra banda, és necessari calcular la velocitat mitjana dels diferents corredors d'accés a Barcelona. L'auditoria del RACC sobre la congestió als accessos de Barcelona (RACC, 2016b) inclou dades, representades a la taula inferior, sobre la velocitat mitjana i IMD de cada via d'accés observades durant 2016.

Algunes vies no són considerades a l'hora de determinar la velocitat als accessos atès que:

- Es considera que tota la congestió de la B-20 i la B-10 es concentra a part que circula per dins del terme de Barcelona i accessos immediats (Rondes) i, per tant, no són considerades com a accessos.

- No es disposa informació sobre la velocitat de circulació de la C-17 a l'any 2006. En conseqüència, al no poder utilitzar aquesta via per tal d'estimar les variacions de velocitat induïdes pel peatge, no es considera la via C-17 a l'hora de determinar la velocitat als accessos.
- Una bona part del trànsit de l'AP-7 no es correspon amb desplaçaments amb origen o destí a Barcelona sinó que també acull una bona part de trànsit a través del corredor mediterrani o be trànsit corresponent al Vallès Occidental. Adicionalment, s'assumeix que els vehicles amb origen o destí a Barcelona que transcorren són canalitzats a través del corredor del Baix Llobregat (mitjançant les vies AP-2, A-2 i B-23) o bé a través del corredor Vallès Occidental (C-58), despreciant el volum de vehicles que utilitzen la C-16. Considerant que la congestió de l'AP-7 està representada dins dels corredors i els arguments anteriors, no s'utilitzarà l'AP-7 per calcular la velocitat dels accessos ni la seva posterior evolució.

Via	Vel (km/h)	IMD (veh/dia)	Via	Vel (km/h)	IMD (veh/dia)
Vies considerades pel càlcul de la velocitat mitjana als accessos					
C-31 LI	88	60.000	B-23	69	111.281
C-32	98	97.905	C-58	92	117.900
A-2	91	101.899	C-31 Be	87	76.569
AP-2	89	99.370	-	-	-
Vies no considerades pel càlcul de la velocitat mitjana als accessos					
B-20	75	109.677	AP-7	99	107.305
B-10	73	107.989	C-17	93	61.493

Taula 5-12: Velocitat mitjana i IMD de les diferents vies d'accés a Barcelona. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de RACC (2016).

Per calcular la velocitat mitjana dels accessos (assumint que les velocitats als accessos no canvien entre 2015 i 2016), s'han ponderat les velocitats mitjanes amb la IMD de cada via, obtenint una velocitat mitjana de **87,5 km/h**. Tenint en compte que el temps de recorregut mitjà empleat als accessos és de 12,9 minuts, la distància mitjana recorreguda a les vies d'accés és de **18,8 km**, de manera que els desplaçaments de connexió presenten una longitud total de **27,6 km**.

5.3.3.3 Càlcul del cost mitjà per desplaçament

Un cop establert la distància mitjana dels desplaçaments de connexió i els diferents costos dels cotxes, podem estimar el cost original mitjà per desplaçament.

Tram	Distància (km)	Velocitat (km/h)	Cost de funcionament viari		Cost de combustible		Cost d'aparcament	
			Cost unitari (€/100 km)	Cost total (€)	Cost unitari (€/km)	Cost total (€)	Cost unitari (€/km)	Cost total (€)
Intern	8,7	24,3	7,048	0,61	0,090	0,78	0,149	1,29
Accessos	18,8	87,5	7,048	1,33	0,058	1,09	0,014	0,26
Total	27,6	-	-	1,94		1,87	-	1,55

Taula 5-13: Cost total per desplaçament de connexió mitjà considerant el cost del gasoil amb impostos. Font: Elaboració pròpia.

Agrupant els diferents costos per a els dos tipus de desplaçaments obtenim:

- Cost mitjà dels desplaçaments interns = **2,69 € per desplaçament**
- Cost mitjà dels desplaçaments de connexió (Intern + Accessos) = **5,36 € per desplaçament**

5.3.4 Estimació de la disminució del nombre de desplaçaments (ΔN)

Tal com es detalla a l'inici d'aquest apartat, l'expressió per a estimar la reducció de desplaçaments que genera la introducció d'una tarifa:

$$\Delta N = \frac{\Delta P \cdot N_0 \cdot \varepsilon}{P_0}$$

On:

- ΔN és la variació de desplaçaments
- ΔP és la variació del cost per trajecte, equivalent a la tarifa del peatge
- N_0 és el nombre de desplaçaments original (pre-peatge)
- P_0 és el cost per trajecte original (pre-peatge)

En aquest cas, s'aplica aquesta formulació a **tres tarifes i tres conjunts de desplaçaments**:

- Desplaçaments que transcorren per les rondes
 - Desplaçaments interns que transcorren per les rondes
 - Desplaçaments de connexió que transcorren per les rondes

- Desplaçaments de connexió que transcorren per la xarxa bàsica i local

Atès que el cost per desplaçament de connexió és el mateix transcorri per les rondes o per la xarxa bàsica, la variació total de desplaçaments de connexió és la mateixa independentment de que s'analitzin per separat o tots junts.

A l'hora de mostrar l'impacte del peatge urbà sobre la mobilitat de Barcelona es mostrarà per separat la reducció de desplaçaments de connexió global (equivalent a la reducció observada als accessos) i la reducció de desplaçaments de connexió a les rondes. No obstant, a l'hora de considerar els costos o ingressos (tant econòmics com socials) associats als desplaçaments de connexió desapareguts s'ha tingut en compte que la disminució de desplaçaments de connexió de les rondes està inclòs dins de la reducció global de desplaçaments de connexió.

5.3.4.1 Síntesi de la variació de desplaçaments induïda pel peatge

A continuació es mostra la reducció de desplaçaments de interns i de connexió als accessos, rondes de la ciutat i xarxa bàsica i local generada pel peatge urbà amb les diferents tarifes considerades.

Cal recordar que la disminució de desplaçaments de connexió de les rondes s'inclou en la reducció de desplaçaments de connexió als accessos, la qual representa la reducció de desplaçaments de connexió global.

D'altra banda, tal com s'explica a l'apartat 5.1, les disminucions mostrades als següents sub-apartats es mantindran constants durant els diferents anys del període d'estudi.

5.3.4.1.1 Variació de desplaçaments generat pel peatge urbà. Tarifa = 1 €.

La següent taula mostra pels accessos, rondes i xarxa bàsica i local de la ciutat:

- El nombre total de desplaçaments en transport privat (Total – TP) i el nombre de desplaçaments interns (Cotxe – Intern) i de connexió (Cotxe – Connexió) realitzats en cotxe abans de la implantació del peatge (dades 2015) (PRE-PEATGE)
- L'estimació de la reducció de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe i la reducció total de desplaçaments en transport privat generada pel peatge urbà amb una tarifa d'1 € (EFECTE PEATGE)
- L'estimació del nombre de desplaçaments en transport privat i del nombre de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe un cop implantat el peatge urbà (POST – PEATGE)

	ACCESSOS			RONDES			XARXA BÀSICA I LOCAL		
	Total - TP	Cotxe - Intern	Cotxe - Connexió	Total - TP	Cotxe - Intern	Cotxe - Connexió	Total - TP	Cotxe - Intern	Cotxe - Connexió
PRE - PEATGE	726.418	0	479.425	264.605	61.365	122.729	1.105.393	243.323	479.425
EFECTE PEATGE	-46.478	0	-46.478	-23.755	-11.857	-11.898	-58.334	-11.857	-46.478
POST - PEATGE	679.941	0	432.947	240.850	49.508	110.831	1.047.059	231.466	432.947

Taula 5-14: Desplaçaments en transport privat i en cotxe abans de la introducció del peatge (PRE-PEATGE), reducció de desplaçaments en transport privat i en cotxe generada pel peatge urbà amb tarifa d'1 € (EFECTE PEATGE) i desplaçaments en transport privat i en cotxe un cop implantat el peatge urbà (POST-PEATGE) als accessos, rondes i xarxa bàsica i local. Font: Elaboració pròpia.

5.3.4.1.2 Variació de desplaçaments generat pel peatge urbà. Tarifa = 1,75 €.

La següent taula mostra pels accessos, rondes i xarxa bàsica i local de la ciutat:

- El nombre total de desplaçaments en transport privat (Total – TP) i el nombre de desplaçaments interns (Cotxe – Intern) i de connexió (Cotxe – Connexió) realitzats en cotxe abans de la implantació del peatge (dades 2015) (PRE-PEATGE)
- L'estimació de la reducció de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe i la reducció total de desplaçaments en transport privat generada pel peatge urbà amb una tarifa d'**1,75 €** (EFECTE PEATGE)
- L'estimació del nombre de desplaçaments en transport privat i del nombre de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe un cop implantat el peatge urbà (POST – PEATGE)

	ACCESSOS			RONDES			XARXA BÀSICA I LOCAL		
	Total	Intern	Connexió	Total	Intern	Connexió	Total	Intern	Connexió
PRE - PEATGE	726.418	0	479.425	264.605	61.365	122.729	1.105.393	243.323	479.425
EFECTE PEATGE	-81.336	0	-81.336	-41.571	-20.749	-20.821	-102.085	-20.749	-81.336
POST - PEATGE	645.083	0	398.089	223.034	40.615	101.908	1.003.308	222.573	398.089

Taula 5-15: Desplaçaments en transport privat i en cotxe abans de la introducció del peatge (PRE-PEATGE), reducció de desplaçaments en transport privat i en cotxe generada pel peatge urbà amb tarifa d'1,75 € (EFECTE PEATGE) i desplaçaments en transport privat i en cotxe un cop implantat el peatge urbà (POST-PEATGE) als accessos, rondes i xarxa bàsica i local. Font: Elaboració pròpia.

5.3.4.1.3 Variació de desplaçaments generat pel peatge urbà. Tarifa = 2,5 €.

La següent taula mostra pels accessos, rondes i xarxa bàsica i local de la ciutat:

- El nombre total de desplaçaments en transport privat (Total – TP) i el nombre de desplaçaments interns (Cotxe – Intern) i de connexió (Cotxe – Connexió) realitzats en cotxe abans de la implantació del peatge (dades 2015) (PRE-PEATGE)
- L'estimació de la reducció de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe i la reducció total de desplaçaments en transport privat generada pel peatge urbà amb una tarifa d'**2,5 €** (EFECTE PEATGE)
- L'estimació del nombre de desplaçaments en transport privat i del nombre de desplaçaments interns i de connexió realitzats en cotxe un cop implantat el peatge urbà (POST – PEATGE)

	ACCESSOS			RONDES			XARXA BÀSICA I LOCAL		
	Total	Intern	Connexió	Total	Intern	Connexió	Total	Intern	Connexió
PRE - PEATGE	726.418	0	479.425	264.605	61.365	122.729	1.105.393	243.323	479.425
EFECTE PEATGE	-116.194	0	-116.194	-59.387	-29.642	-29.745	-145.836	-29.642	-116.194
POST - PEATGE	610.224	0	363.231	205.218	31.723	92.984	959.557	213.681	363.231

Taula 5-16: Desplaçaments en transport privat i en cotxe abans de la introducció del peatge (PRE-PEATGE), reducció de desplaçaments en transport privat i en cotxe generada pel peatge urbà amb tarifa d'2,5 € (EFECTE PEATGE) i desplaçaments en transport privat i en cotxe un cop implantat el peatge urbà (POST-PEATGE) als accessos, rondes i xarxa bàsica i local. Font: Elaboració pròpia.

5.4 Canvi modal dels viatgers que renuncien a realitzar els seus desplaçaments en cotxe

Una de les qüestions a resoldre en relació a l'impacte que genera un peatge urbà és determinar el comportament dels usuaris que desestimen seguir utilitzant el cotxe un cop el peatge entra en funcionament.

Alguns d'aquests usuaris canvien el transport privat per transport públic, altres opten per canviar de ruta o destinació i, fins i tot, alguns usuaris canvien de lloc de treball per tal d'evitar pagar el peatge.

Existeixen diferents alternatives a l'hora de determinar el comportament d'aquests usuaris, entre altres:

- Extrapolar el comportament observat a la resta de peatges urbans.
- Analitzar el comportament dels residents de Barcelona mitjançant dades d'estudis anteriors en l'àmbit de Barcelona, com per exemple estudis de viabilitat del tramvia o de la xarxa ortogonal d'autobusos.
- Utilitzar elasticitats creuades entre el cotxe i altres opcions de transport obtingudes a partir d'estudis de transport
- Determinar el percentatge d'usuaris que abandonen el seu desplaçament a partir del comportament observat a la resta de peatges urbans i determinar el canvi modal de la resta d'usuaris a transport públic i modes de transport no mecanitzats en funció de les tendències observades a l'EMEF 2015.

Tot i que extrapolat el canvi modal observat a la resta de peatges urbans podria semblar una bona alternativa, existeixen diferències entre els propis peatges urbans (àrea i vies afectades) i les ciutats on aquests es localitzen (familiarització amb l'ús de transport públic i bicicleta) que posen en dubte la idoneïtat d'aquesta opció.

En conseqüència, s'ha decidit:

- Determinar en primer lloc el % d'usuaris que abandonen el desplaçament en base al comportament observat als peatges urbans existents.
- Un cop determinat quin percentatge dels usuaris deixaran de desplaçar-se, s'assumeix que els usuaris canvien de mode de transport en la mateixa proporció que es distribueixen els desplaçaments interns i de connexió entre transport públic i modes de transport no mecanitzats.

5.4.1 Determinació del percentatge d'usuaris que renuncien al desplaçament

Per tal d'analitzar quin percentatge d'usuaris afectats renuncien a realitzar el seu desplaçament, s'ha analitzat el comportament dels usuaris en els peatges urbans existents. Es disposen dades del comportament dels diferents usuaris afectats pels peatges urbans d'Estocolm, Londres i Milà.

La introducció del peatge urbà d'Estocolm va comportar un descens inicial del desplaçaments que travessaven el cordó del 25%. D'aquest 25% de desplaçaments (Eliasson, J., 2014):

- Un 10% el componen usuaris que, en desplaçaments ocupacionals, van canviar a transport públic.
- Un 1% el componen usuaris que, en desplaçaments ocupacionals, va canviar de ruta utilitzant el "Bypass" al centre d'Estocolm.
- Un 6% el componen usuaris que, en desplaçaments discrecionals, van canviar de destinació o de freqüència de viatge.
- Un 1% el componen usuaris que, en desplaçaments discrecionals, va canviar de ruta utilitzant el "Bypass" al centre d'Estocolm.
- El 5% restant el componen professionals del transport que van renunciar al seu desplaçament.

En el cas de Barcelona existeixen dues principals circumval·lacions, les més immediates i properes a Barcelona, les rondes, i una altre que canalitza majoritàriament el trànsit de pas2, l'AP-7 entre l'A-2 i la C-58.

En el cas de Barcelona és poc freqüent que els usuaris amb origen i destinació fora de Barcelona travessin la ciutat, corresponent sobretot a usuaris que circulen de la zona del Delta del Llobregat al Maresme o al Vallés Occidental i Oriental. En canvi, sembla raonable pensar que aquells usuaris que es trobin a distàncies similars de les Rondes i el tram de circumval·lació de l'AP-7 optaran per utilitzar la segona via per raó de la major fluïdesa de circulació d'aquesta.

Tal com s'ha configurat el peatge urbà (on s'afecta a les rondes) i considerant que l'alternativa lliure de peatge de les rondes, és a dir, l'AP-7, està a una distància significativa d'aquestes, es pot assumir que la majoria d'usuaris que actualment travessen la ciutat a través de les Rondes ho seguiran fent després de la imposició del peatge urbà.

En conseqüència, no es consideraran aquells conjunts d'usuaris que decideixin circumval·lar la zona afectada ja que no hi ha una alternativa equivalent en el cas de Barcelona.

D'altra banda, considerant que en el cas de Barcelona únicament només es veurien afectats els desplaçaments realitzats en cotxe, sembla poc raonable extrapolar el % de desplaçaments desapareguts corresponents a professionals del transport.

Considerant aquestes hipòtesis, es pot concloure que un 6 del 16% d'usuaris extrapolables al cas de Barcelona van renunciar al seu desplaçament, ja sigui canviant de destinació o bé reduint-ne la freqüència, el qual representa un **37,5%** dins d'aquest conjunt d'usuaris.

La implantació del peatge urbà de **Londres** va generar una disminució inicial d'aproximadament 70.000 cotxes dins de la zona restringida. Dels usuaris que van abandonar el cotxe (Croci, E. & Douvan, A.R., 2016):

- Entre un 50 i 60% dels usuaris van canviar a transport públic
- Entre el 20 i 30% van evitar entrar a la zona restringida, circumval·lant l'àrea afectada pel peatge.
- Entre 15 i 25% dels usuaris van adoptar altres comportaments com utilitzar modes no mecanitzats, motocicleta, "Car share", canvi de destinació o bé realitzar el desplaçament fora de l'horari d'aplicació.

En base a l'argument establert en relació a les circumval·lacions a Barcelona, el 2on grup d'usuaris és poc extrapolable al cas de Barcelona i, per tant, a l'hora de determinar el % de desplaçaments que van desaparèixer completament s'analitzaran les dades del 1er i 3er grup d'usuaris.

Si es considera que el 1er grup i 3er grup representen un 55 i 20% dels usuaris respectivament i s'assumeix la hipòtesi de que els usuaris que canvien de destinació (és a dir, que renuncien al desplaçament que realitzaven) representen la meitat del tercer grup d'usuaris (és a dir, un 10% del total) s'obté que aproximadament un 10% del 75% dels usuaris (corresponent a la suma del 1er i 3er grup d'usuaris), és a dir un **13%** dels **usuaris considerats**.

En el cas del peatge urbà de Milà, prèviament a l'entrada en vigor del peatge es va realitzar un enquesta on s'analitzava les preferències dels usuaris (mantenir desplaçament, canvi de mode, etcètera) en relació a diferents tarifes del peatge urbà.

Aquest estudi de preferències declarades va permetre estimar el comportament dels usuaris que, un cop introduït el peatge urbà, renunciarien a seguir realitzant el desplaçament en cotxe o furgoneta (veure Figura 5-4). Deduint-se que un **13%** dels **usuaris** renunciarien a realitzar el seu desplaçament.

Car Pooling	Switch to Local Public Transport		Switch to two wheelers (Motorcycle and Bicycle)	Renounce to journey
	park&ride	LPT		
6%	74%		7%	13%

Figura 5-4: Comportament estimat dels usuaris que renuncien al seu desplaçament en cotxe com a conseqüència de la introducció del peatge urbà de Milà. Font: Croci, E. & Douvan, A.R. (2016).

Si observem els resultats obtinguts en els diferents casos analitzats, sembla existir una notable diferència entre els casos d'Estocolm i Londres i Milà (Taula 5-17). Per tal d'utilitzar valor conservador del percentatge d'usuaris que renuncien completament al desplaçament, s'emprarà la mitjana entre els valors observats en els tres peatges analitzats, és a dir, aproximadament un **20%** dels desplaçaments.

Peatge Urbà	Canvi a transport públic	Canvi a altres modes (Moto – No mecanitzats – “Car Sharing”)	Renúncia al desplaçament (No realitzats + Canvi destinació)
Londres	50-60%	~13%	~13%
Estocolm	62,5%	-	37,5%
Milà	74%	13%	13%

Taula 5-17: Comportament dels usuaris que renuncien a desplaçar-se en cotxe com a conseqüència de la introducció d'un peatge urbà. Font: Elaboració pròpia.

5.4.2 Comportament dels usuaris que realitzen canvi modal

Un cop determinat el percentatge d'usuaris que renuncien a seguir realitzant el seu desplaçament és necessari determinar quin mode de transport escolliran aquells usuaris que continuaran realitzant el seu desplaçament en un altre mode de transport diferent al cotxe.

Existeixen diverses alternatives per els usuaris que realitzen un canvi modal en el seu desplaçament:

- Altres modes de transport privats no afectats pel peatge urbà, és a dir, motocicletes, camions i furgonetes
- Passar a realitzar el seu desplaçament en cotxe conjuntament amb altres usuaris, és a dir, realitzar desplaçaments en cotxes multiusuari (“Car sharing”)
- Realitzar el seu desplaçament en modes de transport públic
- Realitzar el seu desplaçament en modes de transport privat

S'ha descartat les dues primeres opcions atès que:

- El canvi a altres modes de transports privats requereix disponibilitat de capital per adquirir un nou vehicle o bé ser propietari d'algun d'aquests vehicles (moto o altres vehicles privats). L'absència d'informació respecte aquests factors no permet realitzar una estimació rigorosa d'aquest tipus de canvi modal.
- No es disposen de suficients dades oficials respecte la utilització del cotxes multiusuari a l'àmbit de Barcelona i, per consegüent, qualsevol estimació d'aquest canvi modal comportaria una elevada incertesa

En conseqüència, tal com s'indica a l'apartat 5.4, s'ha considerat que els usuaris que realitzen canvi modal poden escollir entre els diferents modes de **transport públic** i modes de **transport no mecanitzats**.

Per tal d'establir en quina proporció els usuaris que realitzen canvi modal es distribueixen entre les dues alternatives, s'ha analitzat el percentatge de desplaçaments realitzats en cada alternativa a l'àmbit de la ciutat de Barcelona en base a les dades de l'EMEF 2015 (ATM, Ajuntament de Barcelona, AMB & AMTU, 2016 b).

La següent taula mostra el percentatge de desplaçaments realitzats en transport públic i modes de transport no mecanitzats en desplaçaments interns i desplaçaments de connexió.

Mode de transport	Interns	Connexió
No Mecanitzats	65%	5%
Transport públic	35%	95%

Taula 5-18: Percentatge de desplaçaments interns i de connexió realitzats en transport públic i modes de transport no mecanitzats. Font: Elaboració pròpia.

El procediment escollit per a determinar com es distribueixen els usuaris que realitzen canvi modal és replicar la distribució actual dels desplaçaments en modes no mecanitzats i transport públic (taula superior) tal que els usuaris que realitzaven desplaçaments interns i de connexió en cotxe passaren a distribuir-se en la proporció de desplaçaments en modes de transport no mecanitzats i transport públic interns i de connexió respectivament.

No obstant, si considerem que els usuaris que abandonen el cotxe per realitzar **desplaçaments interns** utilitzaven les rondes per a dur a terme el seu desplaçament, és raonable assumir que la distància del seu desplaçament és superior a la mitjana (la qual supera els 8,5 km) i, per tant, sembla poc probable que més de la meitat d'aquests usuaris (un 65%) passin a realitzar el seu desplaçament caminant o en bicicleta.

Per consegüent, s'aplicarà la **distribució** observada entre modes de transport no mecanitzats i transport públic en **desplaçaments de connexió a tots aquells usuaris** que realitzen **canvi modal**.

S'assumeix que els usuaris que realitzaven desplaçaments interns i realitzen canvi modal passaran a realitzar desplaçaments interns en transport públic o modes no mecanitzats mentre que els usuaris que realitzaven desplaçaments de connexió i realitzen canvi modal passaran a realitzar desplaçaments de connexió en transport públic o modes no mecanitzats.

5.5 Determinació de les noves velocitats i temps de viatge dels modes de transport afectats pel peatge

5.5.1 Evolució de la velocitat mitjana de circulació a les diferents vies de la ciutat

La reducció del nombre de desplaçaments realitzats en cotxe a Barcelona generada pel peatge urbà afectarà a la velocitat de circulació als accessos, rondes i xarxa interna de la ciutat.

Per cap d'aquestes vies existeixen corbes o taules que mostrin la relació existent entre la IMD i la velocitat mitjana de circulació en aquestes vies.

En el cas dels **accessos**, el informe sobre la congestió als accessos de la ciutat del RACC (RACC, 2016) proporciona la IMD i la velocitat dels diferents accessos per l'any **2016** (veure Taula 5-12).

El propi informe del RACC inclou la variació percentual de la velocitat mitjana de circulació i la IMD entre els anys 2016 i 2006, de manera que es pot extreure la **IMD** i la **velocitat mitjana** de circulació pels diferents accessos a l'any **2006**.

En relació a les **rondes** de Barcelona, el document anual "Dades bàsiques de mobilitat" va incloure fins l'any 2014 (Regidoria de Mobilitat & Ajuntament de Barcelona, 2015) la velocitat de circulació mitjana a les rondes, juntament amb la IMD d'aquestes, de manera que es disposa de la **IMD** i la **velocitat mitjana** a les rondes pels anys **2006** i **2014**.

En el cas de la xarxa interna, la falta de dades sobre la congestió al interior de la ciutat i, sobretot, l'absència d'una relació fiable entre desplaçaments totals i velocitat de circulació mitjana al interior de la ciutat no permet estimar adequadament la variació de velocitat en aquestes vies, i, per tant, s'assumeix que la **congestió** a la **xarxa interna** de la ciutat es mantindrà **inalterada**.

A més a més, es factible que la gran disminució de vehicles de connexió, els quals també transcorren per la xarxa interna de la ciutat, pogués atraure nous desplaçaments interns, reduint la infraestimació comesa al no considerar la congestió de la xarxa interna.

En base a la **extrapolació lineal** relacions IMD – Velocitat mitjana de circulació disponibles per els accessos i les rondes, es calcularà l'evolució de la velocitat mitjana de circulació als diferents anys d'operació del peatge urbà (2015-2025) per:

- Les IMDs esperades segons el creixement esperat de la mobilitat (veure Taula 5-2) en cas de no implementar-se el peatge
- Les IMDs estimades en cas d'implementar-se el peatge urbà

En el cas dels accessos, tal com es descriu a l'apartat 5.3.3.2, no es considerarà, pel càlcul de la velocitat mitjana als accessos, l'aportació de les vies AP-7, C-17, B-20 i B-10.

És important mencionar que, tant per les rondes com pels accessos, s'ha calculat la velocitat mitjana de les vies que conformen cada agrupació per tal d'evitar que les peculiaritats de cada via poguessin distorsionar els resultats.

Adicionalment, l'informe sobre la congestió als accessos de Barcelona del RACC (2016) inclou també dades sobre el temps total de congestió mesurat als accessos i rondes de la ciutat als anys 2006 i 2016, el qual permet posar en referència els estalvis de temps extrets de les variacions de velocitat calculades.

A més a més de l'afectació a la velocitat mitjana de circulació del transport públic, la reducció del nombre de desplaçaments realitzats en cotxe també té un impacte directe sobre la velocitat de circulació del transport públic viari, és a dir, l'autobús.

En el cas de l'**autobús interurbà**, tot i que es podria assumir que presenta la mateixa velocitat que la resta de vehicles privats que circulen pels accessos de la ciutat, les **dades disponibles no permeten establir** quin seria l'**impacte** de la variació de la velocitat sobre el temps mitjà de desplaçament d'aquest medi i, per consegüent, sobre el **temps mitjà dels desplaçaments de connexió en transport públic**.

El cas de l'autobús urbà és diferent atès que les velocitats de circulació són netament inferiors a les velocitats mitjanes de circulació del vehicle privat dins de la ciutat.

En base a les dades sobre l'impacte del peatge urbà pels casos de Milà (veure ANNEX I) i Londres (Liz, A., 2014)², s'han trobat les següents variacions de velocitat de l'autobús en relació a la variació total de la IMD:

Peatge urbà	Variació IMD	Variació de la velocitat comercial de l'autobús
Milà	-30%	+6,8%
Londres	-	+1,56%

Taula 5-19: Variació de la IMD i de la velocitat comercial de l'autobús arrel del peatge urbà de les ciutats de Milà i Londres. Font: Elaboració pròpia.

No obstant, si s'ha considerat anteriorment que la congestió i la velocitat mitjana dels vehicles de transport privat a la xarxa interna romanen constants, per tal de ser coherents, també s'ha d'assumir que la velocitat comercial de circulació dels autobusos urbans es mantindrà estable en el període analitzat.

5.5.2 Evolució del temps de viatge mitjà a les diferents vies de la ciutat

L'estimació de l'evolució del temps de viatge als accessos i a les rondes es realitzarà en base a l'evolució de la velocitat mitjana de transport privat en aquestes vies.

Per tal de poder estimar l'evolució del temps de viatge, s'ha assumit que les **distàncies de desplaçament** mitjanes als accessos i a les rondes es mantenen **constants** al llarg del període d'estudi tal com succeeix al cas d'Estocolm (veure apartat 2.4.2).

Les distàncies mitjanes de desplaçament a les rondes i als accessos s'estimaran en base als temps mitjans de desplaçament de l'any 2015 (veure Taula 3-4) i a les velocitats mitjanes de circulació del transport privat a les rondes i als accessos a l'any 2015 obtingudes a partir de les IMDs de l'alternativa 0, és a dir, sense considerar l'efecte del peatge urbà.

Un cop establertes les distàncies mitjanes de desplaçament, la variació de temps de viatge entre l'alternativa 0 (no peatge) i l'alternativa escollida (peatge) per a cada any del període d'avaluació s'estimarà segons la següent expressió:

$$Var T^n = \frac{D}{V_P^n} - \frac{D}{V_0^n}$$

On:

² Variació de la velocitat comercial de l'autobús en base al % de km operats en condicions de congestió per part de la xarxa d'autobusos urbans abans i després de la implementació del peatge.

- $Var T^n$ és la variació del temps mitjà de desplaçament a les rondes o als accessos en un cert any n del període d'avaluació.
- D és la distància mitjana de desplaçament a les rondes o als accessos.
- V_p^n és la velocitat mitjana de circulació del vehicle privat a les rondes o als accessos en un cert any n del període d'avaluació per l'alternativa 1 (peatge).
- V_0^n és la velocitat mitjana de circulació del vehicle privat a les rondes o als accessos en un cert any n del període d'avaluació per l'alternativa 0 (no peatge).

Els vehicles afectats per la variació del temps de viatge als accessos i rondes i el càlcul de l'estalvi de temps conseqüència d'aquesta variació es detalla a l'apartat 6.4.1.

5.5.3 Determinació del temps de viatge mitjà dels usuaris que realitzen canvi modal

A la següent taula (veure ANNEX I) es detalla el temps mitjà de desplaçament dels modes de transport no mecanitzat i transport públic en desplaçaments interns i de connexió que assumiran els usuaris que realitzin canvi modal.

Temps mitjà de desplaçament (min)		
Tipus de desplaçament	Modes de transport no mecanitzats	Transport públic
Intern	15,1	28,2
Connexió	29,7	50,7

Taula 5-20: Temps mitjà de desplaçament en desplaçaments interns i de connexió per modes de transport no mecanitzats i transport públic. Font: Elaboració pròpia.

Degut a la impossibilitat d'estimar l'evolució de la velocitat comercial d'autobusos urbans i interurbans es considera que els temps mitjans de desplaçaments mostrats a la taula superior es mantenen constant al llarg del període d'estudi.

La variació de temps de viatge entre l'alternativa 0 (no peatge) i el nou mode de transport escollit per l'usuari per a cada any del període d'avaluació s'estimarà segons la següent expressió:

$$Var T_{cm}^n = T_m - \frac{D}{V_0^n}$$

On:

- $Var T_{cm}^n$ és la variació del temps de desplaçament dels usuaris que realitzen canvi modal en el seu desplaçament intern o de connexió.
- T_m és el temps mitjà de desplaçament en el mode m (transport no mecanitzat o transport públic) per desplaçaments interns o de connexió.
- D és la distància mitjana de desplaçament a les rondes o als accessos.
- V_0^n és la velocitat mitjana de circulació del vehicle privat a les rondes o als accessos en un cert any n del període d'avaluació per l'alternativa 0 (no peatge).

L'estimació del cost degut a la variació de temps de desplaçament conseqüència del canvi modal es detalla a l'apartat 6.4.1.

6 Anàlisi socioeconòmic de l'impacte estimat del model de peatge urbà

En aquest apartat es descriu el procediment, conegut com a **Anàlisi Cost-Benefici** (d'ara a endavant, ACB), utilitzat per a comptabilitzar els beneficis i costos, tant econòmics com socials, induïts pel peatge urbà.

En aquest cas, es compararà els costos i beneficis associats al model de peatge urbà en comparativa amb l'alternativa 0, corresponent a la situació i tendència actual.

Per tant, aquest procés no busca únicament comptabilitzar els costos i beneficis del model de peatge urbà proposat sinó analitzar com varien aquests en comparació amb la situació en la qual no es realitza cap actuació.

El següent llistat mostra els costos i beneficis que s'analitzaran per als diferents col·lectius o entitats afectats pel peatge urbà:

- Entitats públiques
 - Costos del sistema
 - Cost de subsidi als usuaris de transport públic induïts pel peatge urbà
- Usuaris afectats directament o indirectament pel peatge
 - Cost del temps de desplaçament
 - Cost dels accidents produïts a la xarxa viària
 - Cost de funcionament dels vehicles
- Externalitat (Societat)
 - Cost de canvi climàtic
 - Cost d'impacte ambiental generat
 - Cost d'impacte acústic

En cas que no s'especifiqui el contrari la comptabilització dels beneficis i costos generats pel peatge s'ha realitzat segons els procediments, paràmetres i valors descrits al document "GUIA PER A L'AVALUACIÓ DE PROJECTES DE TRANSPORT" (Mcrit, 2010), elaborat per Mcrit pel Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Catalunya.

6.1 Indicadors per a la interpretació dels resultats de l'ACB

Tal com s'ha descrit breument a l'apartat anterior, el mètode d'ACB permet comptabilitzar els beneficis i costos generats a cada any del **període d'avaluació** (veure apartat 6.2.1) de la inversió considerada.

El **valor actual net** o **VAN** és un indicador monetari que permet estimar el rendiment o l'impacte sobre el benestar general d'una certa inversió a partir del **valor present** (valor dels costos i beneficis en un any en concret, generalment el any 0 o a l'inici del projecte) dels fluxos de caixa (diferència entre beneficis i costos) generats per la inversió en els diferents anys del període d'avaluació (Mcrit, 2010).

Per tal d'actualitzar els beneficis i costos generats pel peatge en els diferents anys del període d'avaluació s'utilitza la **taxa social de descompte** (veure apartat 6.2.2).

La fórmula que permet calcular el VAN d'una determinada inversió (I) és:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - I$$

On:

- B_t és el flux de caixa a l'any t , calculat com la diferència entre beneficis i costos generats pel peatge durant l'any t .
- r és la taxa de descompte social.
- I és la inversió inicial requerida.
- n és la duració del període d'avaluació del ACB.

En aquest cas, el període d'avaluació correspon al període compres entre els anys 2015 i 2025 (ambdós inclosos, veure apartat 6.2.1), considerant que la inversió inicial es realitza a l'any 2014 (any 0).

El VAN permet estimar el valor generat per una determinada inversió o alternativa. El VAN és especialment útil en aquelles situacions en la que es parteix d'una disponibilitat limitada de fons per a invertir atès que permet escollir aquella alternativa que maximitza els beneficis generats a partir d'una quantitat determinada de fons.

No obstant, en cas de disposar de fons il·limitats o analitzar alternatives amb inversions de diferent magnitud, el VAN afavoreix aquelles alternatives amb inversions de major magnitud front a aquelles alternatives que requereixen una menor inversió i que, a pesar de tenir un VAN menor, presenten una major rendibilitat que les inversions de major rendibilitat.

Per tal de poder comparar alternatives amb inversions de diferent magnitud s'utilitza la **Taxa Interna de Rendiment o TIR**, la qual proporciona la rendibilitat social que s'obtidria si es realitzés la inversió considerada (Mcrit, 2010), és a

dir, el benefici anual socioeconòmic percebut per la societat per cada euro invertit (repartit de manera no uniforme durant el període d'avaluació).

El TIR equival a la taxa de descompte que fa que el VAN de la inversió durant el període d'avaluació sigui 0, és a dir:

$$TIR = r \leftrightarrow VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - I = 0$$

La rendibilitat social d'un projecte és (Mcrit, 2010):

- Molt bona si el TIR dobla la taxa social de descompte
- Bona si el TIR supera la taxa social de descompte (però no la dobla)
- Regular si el TIR és inferior a la taxa social de descompte però el VAN del projecte és positiu
- Dolenta si el TIR és inferior a la taxa social de descompte i el VAN del projecte és negatiu

6.2 Descripció dels diferents factors i hipòtesis definidors de l'ACB

En aquest apartat es descriuen tres elements bàsics per a definir l'ACB i l'evolució de la mobilitat a Barcelona durant el període d'avaluació.

6.2.1 Duració del període d'avaluació

La Guia per a l'avaluació de projectes de transport recomana utilitzar **30 anys** com a període d'avaluació, en aquest treball s'utilitzarà un període d'avaluació de **10 anys** pels següents motius:

- Per tal d'avaluar l'impacte del peatge durant un període de 30 requeria estimar l'evolució de la mobilitat de Barcelona a 30 anys vista. Considerant la poca o nul·la fiabilitat que tindria aquesta estimació, els resultats obtinguts per un ACB amb un període d'estudi de 30 anys serien altament imprecisos.
- S'ha optat per avaluar els costos i beneficis del peatge durant un període de 10 anys considerant des de la seva **implementació** fictícia a l'**any 2015** fins l'**any 2025** ja que:
 - La vida útil de la infraestructura d'un peatge d'aquesta tipologia és de 10 anys (Borrell, A., 2014).
 - Els peatges urbans, a diferència d'altres infraestructures del transport, no són mesures permanents i rígides sinó que s'adapten als canvis en la mobilitat per assolir l'objectiu establert a l'hora d'introduir un peatge urbà. En el cas de Trondheim, el

peatge urbà va ser desmantellat l'any 2005 (operatiu des de l'any 1991) per a tornar a ser implementat l'any 2010.

6.2.2 Taxa social de descompte

Els beneficis i costos generats per una certa inversió es produeixen en diferents anys, compresos dins del període d'avaluació. En general, la valoració de la societat és major per un consum present de béns front una possibilitat futura de consumir aquests béns i, per tant, a l'hora d'utilitzar el VAN per analitzar la rendibilitat d'un projecte és necessari homogeneïtzar els diferents costos i beneficis generats en diferents anys del període d'avaluació.

La **taxa social de descompte** permet posar en **valor present** o en any de referència els beneficis i costos futurs d'un projecte, permetent **tractar** de forma **homogènia** els beneficis i costos generats en **diferents anys** i generalment s'equipara al cost d'oportunitat del capital destinat al projectes d'inversió en infraestructures.

Tot i que la Guia per a l'avaluació de projectes de transport recomana (Mcrit, 2010) utilitzar una taxa d'actualització del 6%, indica que aquests valor es pot actualitzar en base a les recomanacions de la Unió Europea.

El document redactat l'any 2014 per la Unió Europea (i per tant més actual que la guia de Mcrit), "*Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*" (Direcció General de Política Regional i Urbana, 2015) proposa utilitzar una taxa social de descompte del **5%** en projectes realitzats en països beneficiaris de fons de cohesió en el programa 2014-2020 (Comissió Europea, 2017).

En conseqüència, s'utilitzarà un valor del **5%** com a **taxa social de descompte**.

6.2.3 Consideració dels impostos dins de l'ACB

L'ACB no considera qui rep els beneficis o assumeix els costos del projecte, de manera que generalment no es consideren les transferències realitzades entre diferents agents de l'ACB.

Per exemple, els beneficis generats pel peatge no haurien de ser considerats ja que es tracte d'una transferència entre els usuaris afectats pel peatge (agents considerats a l'ACB) i l'entitat promotora del peatge, la qual assumeix el cost del propi peatge. Si els comptabilitzéssim, el cost pels usuaris que representa el peatge urbà és també els beneficis obtinguts per l'entitat promotora, de manera que es compensarien.

Per aquest mateix motiu, els diferents costos monetaris comptabilitzats en l'ACB no haurien d'incloure cap impost. Excepte pel preu del gasoil, on els impostos representen més de la meitat del preu final d'aquest, no s'ha exclòs el IVA de la resta de costos econòmics atès que el resultat no es veurà molt afectat en cas de descomptar-ho (ja que està inclòs en els beneficis i costos) i, addicionalment, es pot considerar que la societat assumeix l'IVA com un cost general associat al consum.

6.3 Costs percebuts per entitats públiques

A continuació es detalla el procediment seguit per estimar els costos percebuts diferents entitats públiques, en particular els costos associats al sistema del peatge urbà, percebuts per l'entitat promotora del peatge urbà i el cost de subsidi als usuaris de transport públic induïts pel peatge urbà, percebut per l'ATM i les administracions públiques que la financen.

6.3.1 Costos del sistema del peatge urbà

Els principals costos del sistema són el cost d'implementació (inversió inicial realitzada a l'any d'implantació, 2015) i els costos d'operació i manteniment (inversió anual).

L'estimació dels costos del sistema s'ha realitzat en base a diferents documents on estableixen el cost dels diferents tipus de peatges (ANPR o DSRC) en base, entre altres, a estudis del preu de mercat dels diferents components que conformen aquests peatges.

A l'hora de realitzar un ACB no és recomanable estimar el cost de la infraestructura en base a preus de mercat (Ahetze, S., Gragera, A. & Saurí, S., 2015) atès que aquests no reflecteixen possibles distorsions del mercat com podrien ser un entorn poc competitiu o subvencions.

En conseqüència, és aconsellable utilitzar en lloc dels preus de mercat el **cost d'oportunitat social de la inversió** o **preu ombra**, els quals poden ser estimats mitjançant un factor de conversió entre preus de mercat i preus ombra. La següent taula mostra factors de conversió entre preus de mercat i preus ombra per diferents elements d'un projecte derivats de la metodologia de càlcul desenvolupada per ADIF l'any 2013, recomanada a la guia elaborada per la Generalitat de Catalunya per avaluar inversions en infraestructures de transport (Ahetze, S., Gragera, A. & Saurí, S., 2015).

Tipus despesa	Coef. preus ombra
Inversió infraestructura	
Manteniment infraestructura	
Inversió material mòbil	0,70
Personal	
Serveis estacions	0,88
Energia	0,82
Despeses generals i estructura	0,88

Taula 6-1: Coeficients de conversió entre preus de mercat i preus ombra. Font: Ahetze, S., Gragera, A. & Saurí, S. (2015).

La següent taula mostra el factor de conversió per a cadascun dels elements del sistema de peatge urbà per Barcelona.

Element del peatge urbà		Coeficient de preu ombra
Cost inversió	Unitat a bord (IVU)	0,7
	Infraestructura	0,7
	Sistema central de control	0,79 (0,7-0,88)
Costs d'operació i manteniment	Manteniment infraestructura	0,7
	Manteniment i operació del sistema central	0,79 (0,7-0,88)
	Control i execució dels pagaments	0,88

Taula 6-2: Coeficients de preu ombra a utilitzar en els costos dels diferents elements que conformen el peatge urbà. Font: Elaboració pròpia.

A causa dels diferents elements que conformen el cost d'inversió i el cost d'operació i manteniment (Hardware, llicències de software, disseny del propi sistema, personal, energia, allotjament del sistema, etcètera) és difícil establir un factor ombra únic. En conseqüència, en els costos d'inversió i operació i manteniment del sistema central s'utilitzarà un coeficient mitjà entre els diferents coeficients ombra dels diferents elements (0,7 i 0,88, és a dir, 0,79).

6.3.1.1 Cost implementació

El cost d'implementació d'un sistema DSRC està format per:

- El cost del sistema central de control

- El cost de la infraestructura necessària
- El cost dels IVU's a distribuir entre els potencials usuaris del peatge

La següent taula mostra el cost d'implementació, en preu de mercat, dels diferents components que conformen un sistema de peatge urbà DSRC i el cost total d'implementació del peatge urbà en preu de mercat i en preu ombra (cost a utilitzar en l'ACB).

	Cost total en preu ombra (€)	Cost d'infraestructura en preu de mercat (€)	Cost del sistema central en preu de mercat (€)	Cost IVU's en preu de mercat (€)	Cost total en preu de mercat (€)
Cost d'implementació DRSC	49.074.289	3.880.000	40.000.000	21.083.269	64.963.269

Taula 6-3: Cost dels diferents components que conformen un sistema de peatge urbà amb tecnologia DSRC en preus de mercat. Cost total del sistema en preu de mercat i preu ombra. Font: Elaboració pròpia.

6.3.1.2 Cost operació i manteniment

El cost d'operació i manteniment d'un sistema DSRC està format per:

- El cost d'operació i manteniment del sistema central de control
- El cost d'operació i manteniment de la infraestructura necessària
- El cost de les transaccions econòmiques pel pagament de la tarifa del peatge urbà realitzades

La taula inferior mostra, en preu de mercat, del cost d'operació i manteniment del sistema central i la infraestructura i el cost total d'operació i manteniment del peatge urbà en preu de mercat i en preu ombra (cost a utilitzar en l'ACB) sense considerar el cost associat a las transaccions econòmiques del peatge.

	Cost total en preu ombra (€)	Cost d'infraestructura en preu de mercat (€)	Cost del sistema central en preu de mercat (€)	Cost total en preu de mercat (€)
Cost d'operació DRSC sense transferències	5.087.863	582.000	5.924.637	6.506.637

Taula 6-4: Cost d'operació i manteniment de les infraestructures i sistema central de control en preu de mercat. Cost total d'operació i manteniment del peatge urbà en preu de mercat i preu ombra sense considerar el cost de les transaccions econòmiques. Font: Elaboració pròpia.

El cost de les transaccions econòmiques depèn del import de la tarifa així com del nombre de desplaçaments en cotxe que es realitzen en les vies afectades pel peatge.

Per consegüent, el cost de les transaccions i, per tant, el cost total d'operació i manteniment varia entre les diferents versions (tarifes) de l'alternativa escollida i en cadascun dels anys del període d'estudi atès que, tot i que l'efecte del peatge es manté constant, el nombre de desplaçaments varia entre anys segons l'evolució observada de la mobilitat.

La Taula 7-1, la Taula 7-3 i la Taula 7-6 mostren el cost d'operació i manteniment final en preu ombra (el cost de les transaccions es pondera amb un coeficient de 0,88) de l'alternativa seleccionada pels diferents anys d'operació per una tarifa d'1 €, 1,75 € i 2,5 € respectivament.

6.3.2 Cost de subsidi als usuaris de transport públic induïts pel peatge urbà

El principal efecte del peatge urbà resideix en que, un cop s'introdueix el peatge urbà, un cert volum d'usuaris renuncien a realitzar els seus desplaçaments en cotxe canviant de mode de transport (transport públic o modes no mecanitzats majoritàriament) o bé renunciant completament a realitzar el desplaçament.

Quan el volum d'usuaris que canvien el cotxe pel transport públic és petit, l'oferta existent de transport públic pot absorbir aquest increment de demanda del transport públic.

No obstant, a mesura que la tarifa o l'efecte del peatge s'incrementa, també ho fa el conjunt d'usuaris que passen d'utilitzar el cotxe a viatjar en transport públic.

En aquells casos en que el aquest volum d'usuaris no sigui menyspreable, és factible que les entitats encarregades del transport públic hagin de realitzar noves inversions per poder adequar l'oferta de transport públic (freqüència i nombre de vehicles bàsicament).

Les dades d'ATM indiquen la següent distribució del cost total a en transport públic a l'AMB durant l'any 2015:

- Despeses totals = 1.410 M € (ATM, 2016 a).
- Percentatge de les despeses totals subvencionades per administracions públiques = 52,4 % (ATM, 2017).
- Nombre total de viatges = 939,3 milions (ATM, 2016 b).

En base a aquestes dades es pot calcular el cost subvencionat per desplaçament, equivalent a **0,787 € per desplaçament**. No obstant, aquest valor està conformat en gran mesura pels diferents costos fixes que ha d'assumir l'ATM i, per tant, **no reflecteix** adequadament el **cost marginal** que suposaria un viatge addicional.

Considerant que no es disposen de dades per estimar quina part de les despeses totals corresponen a costos d'operació (els quals serien un millor estimador del cost marginal) no es consideraran els costos de subsidi per part de l'ATM per absorbir la nova demanda de transport públic.

6.4 Costs percebuts pels usuaris

A continuació es detalla el procediment de càlcul utilitzat per estimar els diferents costos percebuts pels usuaris afectats directa o indirectament pel peatge urbà. En particular els costos considerats són:

- Estalvis o increments del temps de viatge dels diferents usuaris
- Cost dels accidents produïts a la xarxa viària
- Cost de funcionament dels vehicles
 - Consum de carburant
 - Cost d'operació dels vehicles
 - Cost d'aparcament

6.4.1 Cost del temps de desplaçament

6.4.1.1 Valor del temps

Un dels majors costos associats al transport de persones és el cost del temps invertit per les persones en desplaçar-se. En conseqüència, la variació del temps de desplaçament dels usuaris induït pel peatge urbà tindrà un important pes en els beneficis i costos generats pel peatge urbà.

Per tal de poder monetitzar el temps de viatge és necessari atorgar un valor al temps de viatge dels diferents usuaris, el qual estarà determinat per la motivació d'aquests.

La Guia per a l'avaluació de projectes de transport inclou, per l'any 2010, el valor del temps en desplaçaments viaris segons el motiu del desplaçament (veure taula inferior). En cas de no disposar de les motivacions dels desplaçaments es pot utilitzar el valor mitjà del temps en viatges viaris, 11,02 €/hora.

<i>Motiu del viatge</i>	<i>Valor (€/hora)</i>
Gestions i negocis	15,56
Treball i estudi	10,74
Compres	9,18
Lleure	7,31

Figura 6-1: Valor del temps de viatge segons el motiu del viatge per a desplaçaments viaris i ferroviaris. Font: Mcrit (2010).

Els diferents valors del temps de viatge, seguint les indicacions de la guia, s'actualitzaran a l'any 2015 (implementació del peatge) segons l'increment observat del cost salarial entre 2010 i 2015. La següent taula mostra els valors del cost salarial mensual dels anys 2010 i 2015.

Any	2010	2015 (€/mes)
1er trimestre	1.925,00	1.939,42
2ón trimestre	2.116,35	2.097,80
3er trimestre	1.861,86	1.893,52
4rt trimestre	2.143,38	2.136,56
Mitjana	2.011,65	2.016,83

Taula 6-5: Cost salarial mensual pels diferents trimestres de l'any 2010 i 2015. Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Idescat (2017 a).

En conseqüència, els valors actualitzats del temps de viatge són els mostrats a la següent taula.

Motiu de viatge	2010 (€/hora)	2015 (€/hora)
Gestions i negocis	15,56	15,60
Treball i estudi	10,74	10,77
Compres	9,18	9,20
Lleure	7,31	7,33
Valor únic	11,02	11,05

Taula 6-6: Valors del temps de viatge segons motiu actualitzats a l'any 2015. Font: Elaboració pròpia.

Un cop establert el valor actualitzat del temps de viatge segons la motivació, podem establir el valor mitjà del temps segons per a cada tipus de desplaçament.

La taula inferior mostra percentualment la distribució dels desplaçaments realitzats per residents a Barcelona segons motivació.

Motiu de viatge	% sobre global de desplaçaments
Mobilitat ocupacional	29,4%
Mobilitat personal	28,4%
Tornada a casa ocupacional	20,9%
Tornada a casa personal	21,3%

Taula 6-7: Percentatge de desplaçaments segons motiu de viatge sobre el global dels desplaçaments realitzats per residents a Barcelona. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de de EMEF 2015 (ATM, Ajuntament de Barcelona, AMB i AMTU, 2016).

Tot i que l'EMEF 2015 proporciona una segregació dels desplaçaments en base al motiu del viatge, les categories utilitzades a l'EMEF no es corresponen amb les categories establertes a la Guia per a l'avaluació de projectes de transport i, en conseqüència s'utilitzarà 11,05 €/hora com a valor únic per a tots els desplaçaments.

Un altre factor que condiona el valor del temps es la pròpia predisposició dels usuaris a pagar per tal d'estalviar-se temps de desplaçament. Quan el desplaçament es realitza sota condicions de congestió, els usuaris mostren una predisposició a pagar quantitats superiors en comparació amb un desplaçament realitzat sota condicions normals de circulació conseqüència de la major incomoditat i incertesa que comporten els desplaçaments en condicions de congestió.

En conseqüència, quan es tracti de **temps de viatge** en condicions de **congestió**, és necessari incrementar el valor del temps utilitzat en comparació amb el valor del temps comú.

En particular, per calcular el valor del temps en congestió s'utilitzarà un factor multiplicador de **1,5** tal com indica la guia elaborada per Mcrit (2010).

6.4.1.1.1 Evolució del valor del temps al llarg del període d'estudi

El valor del temps està relacionat amb el nivell de la renda disponible per part de la població. En conseqüència, si durant el període d'avaluació s'incrementa la renda disponible (lliure d'inflació), també haurà d'augmentar el valor del temps.

Per tal d'analitzar quin serà l'increment de la renda s'ha analitzat l'evolució de la renda mitjana neta anual de las llars a Catalunya entre el 2013 i 2016 (període de creixement) (Idescat, 2017 b). La renda a l'any 2013 era de 12.111 € mentre que al 2016 va ser de 12.660 €, el qual suposa una taxa de creixement interanual mitjana de 1,49%.

Per tal de poder considerar anys d'estancament i realitzar una evolució del valor del temps més conservadora, s'ha estimat que el creixement interanual de la renda durant el període 2015-2025 serà de l'1% i, per tant, s'assumeix que el valor del temps s'incrementa anualment en aquest percentatge.

La següent taula mostra el valor del temps durant els diferents anys del període d'avaluació.

ANY	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor del temps (€/hora)	11,05	11,16	11,27	11,38	11,50	11,61	11,73	11,85	11,97	12,09	12,21

Taula 6-8: Evolució del valor del temps al llarg del període d'avaluació del peatge urbà. Font: Elaboració pròpia.

6.4.1.2 *Costs i beneficis de la variació del temps de viatge dels diferents usuaris*

En aquest apartat s'estableix el procediment seguit per tal d'estimar els costos i beneficis per variacions del temps de viatge dels diferents usuaris afectats pel peatge urbà, en particular.

6.4.1.2.1 *Costs i beneficis associats a la variació del temps de viatge dels usuaris als accessos i rondes de la ciutat*

Un cop el peatge entre en funcionament, un cert nombre d'usuaris que transcorren pels accessos i/o les rondes de la ciutat abandonaran els desplaçaments que realitzaven en cotxe per aquestes vies.

Com a conseqüència, la velocitat de circulació en vehicle privat en aquestes vies augmentarà produint que el temps de desplaçament disminueixi, el qual suposarà un estalvi de temps de circulació per aquells usuaris que seguiran desplaçant-se per aquestes vies.

Un cop calculat la variació del temps de desplaçament que percebran aquests usuaris (veure apartat 5.5.2), es pot calcular l'estalvi total anual de temps de circulació seguint el següent procediment:

1. Transformar el nombre de desplaçaments vehiculars (expressats en nombre de vehicles) que es mantenen als accessos i les rondes en desplaçaments personals (expressats en nombre de persones) mitjançant les ocupacions pertinents per cada vehicle i tipus de desplaçament (veure Taula 3-2) atès que l'estalvi de temps per desplaçament és per persona i no per vehicle.
2. Calcular l'estalvi total diari de temps de desplaçament multiplicat el nombre de desplaçaments personals de cada tipologia (intern i congestió) per l'estalvi de temps per desplaçament. En aquest cas no és necessari diferenciar entre els diferents vehicles atès que considerem que les seves velocitats són idèntiques als accessos i rondes i, per tant, l'estalvi de temps per desplaçament és el mateix independent de la tipologia de vehicle.
3. Calcular l'estalvi total anual de temps multiplicant l'estalvi total diari pel nombre de dies que el peatge està operatiu a l'any (250 dies).
4. Calcular el valor d'aquest estalvi multiplicant l'estalvi anual de temps de desplaçament pel valor del temps i el factor d'1,5, atès que aquest estalvi de temps correspon a temps de desplaçament en condicions de congestió.

En el cas de les vies d'accés, només es considerarà l'estalvi generat sobre aquells desplaçaments amb origen o destí a Barcelona. Tot i que un bon nombre de desplaçaments abandona els accessos abans d'arribar a Barcelona, beneficiant-se també de la reducció del temps de desplaçament, donat que desconeixem la seva distància de desplaçament no es pot estimar l'estalvi de temps associat a aquests desplaçaments.

6.4.1.2.2 Costos i beneficis associats a la variació del temps de viatge dels usuaris que realitzen canvi modal del cotxe a altres modes

Tal com s'ha descrit a l'apartat anterior, la implementació del peatge urbà genera una reducció del nombre de desplaçaments realitzats als accessos i/o rondes de la ciutat.

Alguns d'aquest usuaris optaran per deixar de realitzar el seu desplaçament però la gran majoria optarà per canviar de mode de transport variant també el seu temps de desplaçament.

Un cop determinat el nombre de desplaçaments interns i de connexió que desapareixen es pot calcular l'augment total anual de temps de desplaçament d'aquest usuaris seguint el següent procediment:

1. Transformar el nombre de desplaçaments vehiculars desapareguts (expressats en nombre de vehicles) en desplaçaments personals

(expressats en nombre de persones) mitjançant les ocupacions del cotxe per a cada tipus de desplaçament (veure Taula 3-2) atès que l'increment d'usuaris del transport públic i modes no mecanitzats s'estima a partir del nombre de persones (i no vehicles) que deixen de desplaçar-se en cotxe. A partir de la metodologia descrita a l'apartat 5.4, es pot determinar el nou nombre d'usuaris de transport públic i modes no mecanitzats en desplaçaments interns i de connexió.

2. Determinar la variació del temps de desplaçament que percebran en base a la metodologia establerta 5.5.3 per als nous usuaris de transport públic i modes no mecanitzats en desplaçaments interns i de connexió.
3. Calcular l'increment total diari de temps de desplaçament multiplicat el nombre de nous desplaçaments personals de cada tipologia (transport públic i modes no mecanitzats interns i de connexió) per l'increment de temps per desplaçament.
4. Calcular l'increment total anual de temps multiplicant l'increment total diari pel nombre de dies que el peatge està operatiu a l'any (250 dies).
5. Calcular el valor d'aquest estalvi multiplicant l'estalvi anual de temps de desplaçament pel valor del temps.

6.4.2 Cost dels accidents produïts a la xarxa viària

Els accidents són un dels principals perjudicis associats a la mobilitat en transport privat viària. El cost associat als accidents compren els costos materials (costs per danys i costos administratius) així com els costos per ferit lleu o greu i els costos per sinistre.

Valorar el cost associat als accident és una tasca complexa atès que comporta valorar el cost d'un bé intangible com és la vida humana o els danys físics ocasionats sobre aquesta.

A més a més, els costos associats a accidents tenen doble consideració ja que un part del cost és assumit per la pròpia víctima (cost intern) mentre que l'estat també assumeix part del cost (cost extern) en termes de costos d'atenció sanitària, possibles pensions, pèrdua de productivitat global en cas de mort o invalidesa prematura, etcètera.

Existeixen diferents metodologies per a quantificar el costs associats als accidents i sinistres produïts en una certa infraestructura viària:

- Quantificació dels costos associats: es basa en la quantificació dels costos associats als accidents (costs hospitalaris, rehabilitació, pèrdua de productivitat, etcètera).

- Disponibilitat a pagar: es pren com a referència els diners que estarien disposats a pagar els individus per tal d'evitar un accident en les seves diferents gravetats.
- Indemnitzacions de les companyies d'assegurances i sentències judicials: s'estima el cost per accident en base a les indemnitzacions, les quals consten en les dades de les asseguradores i sentències judicials.

En aquest projecte, tal com recomana la Guia per a l'avaluació de projectes de transport, s'estimaran els costos per accident mitjançant una **quantificació dels costos associats**.

Alguns dels factors que tenen major influència en l'accidentalitat són el tipus de via, la velocitat de circulació, els quilòmetres recorreguts i el volum de trànsit. La Guia per a l'avaluació de projectes de transport proporciona, per a diferents tipus de vies, el **nombre d'accidents per milió de vehicles-km** així com la proporció de morts, ferits greus i ferits lleus en cada accident (veure Figura 6-2)

	<u>Accidents per milió de veh/km</u>	<u>Morts per accident</u>	<u>Ferits greus per accident</u>	<u>Ferits lleus per accident</u>
Autopista	0.04	0.12	0.65	1.13
Carretera de doble calçada	0.06	0.13	0.66	1.11
Carretera de calçada única	0.19	0.10	0.60	0.95
Via preferent de calçada única	0.08	0.14	0.67	1.09

Figura 6-2: Risc d'accidentalitat en carretera segons tipus de via i segons gravetat. Font: Mcrit (2010).

D'altra banda, els costos associats als vehicles i persones afectades per un accident es mostren a la següent figura.

- Vehicles afectats: 1.809 €/vehicle
- Ferits lleus: 16.720 (€/ferit)
- Ferits greus: 217.154 (€/ferit)
- Morts: 1.661.294 (€/ferit)

Figura 6-3: Cost associat a vehicles i persones afectades per un accident segons la gravetat d'aquest. Font: Mcrit (2010).

Al tractar-se de dades de l'any 2010, és necessari actualitzar aquests costos en base a l'evolució del deflector global de l'economia entre els anys 2010 i 2015 tal com s'ha realitzat a l'apartat anterior. En aquest cas s'assumeix que els costos per accident i usuari afectat segons gravetat es mantindran constants durant el període d'avaluació.

En conseqüència, els costos actualitzats a l'any 2015 es mostren a la següent taula.

Cost associat	2010	2015
Vehicle afectat (€/vehicle)	1.809	1.821
Ferit lleu (€/ferit)	16.720	16.835
Ferit greu (€/ferit)	217.154	218.650
Mort (€/ferit)	1.661.294	1.672.740

Taula 6-9: Cost associats a vehicles i persones afectades per un accident actualitzats a l'any 2015 en base a l'evolució del deflector global de l'economia en el mateix període (veure Taula 5-4). Font: Elaboració pròpia.

La relació entre el peatge urbà i l'accidentalitat és clara, a mesura que disminueixen els vehicles que es desplacen (i en conseqüència els veh·km de les diferents vies) també disminueix el nombre d'accidents.

6.4.2.1 Procediment

Un cop determinat el nombre de desplaçaments que desapareixeran com a conseqüència del peatge urbà, a partir del desplaçament mitjà de cada tipus de desplaçament, es podrà estimar el descens en mobilitat anual (veh·km) assolit multiplicant el nombre de desplaçaments interns i de connexió desapareguts per la seva distància de desplaçament i pel nombre de dies que el peatge urbà està operatiu (250 dies).

El nombre d'accidents evitats gràcies al peatge, en les seves diferents gravetats, s'estimaran gràcies a la reducció de mobilitat i a les freqüències d'accidents i gravetats establertes a la Figura 6-2.

Un cop establert el nombre d'accidents, ferits lleus, ferits greus i morts evitats, es calcularà l'estalvi econòmic generat mitjançant els costos associats mostrats a la Taula 6-9.

6.4.2.2 Freqüència i risc d'accident a establir en les vies implicades

Fonamentalment dividim en tres tipus les vies en les quals es desplaça la mobilitat de l'àmbit analitzat:

- Vies d'accés a la ciutat de Barcelona
- Rondes
- Xarxa bàsica i local

Pel que fa a la **xarxa bàsica i local**, atès a les seves característiques, la freqüència d'accident es correspon amb la d'una **via preferent de calçada única**.

D'altra banda, en el cas de les **rondes**, si considerem les velocitats de circulació (menor a 80 km/h), l'elevat nombre de sortides i incorporacions i la morfologia d'aquestes vies, la freqüència d'accident es correspon amb la d'una **carretera de doble calçada**.

Finalment, en relació als **accessos a Barcelona**, a pesar de que en certa part la morfologia d'aquestes vies es pugui correspondre amb la d'una autopista, altres característiques com per exemple l'elevat nombre de sortides o incorporacions per quilòmetre o l'elevada densitat de circulació propicien que la circulació en aquestes vies i en conseqüència la freqüència d'accident (especialment en els seus trams propers a la ciutat de Barcelona) es resembli molt més a la freqüència observable en **carreteres de doble calçada**.

La següent taula mostra de forma resumida les freqüències d'accident i la seva severitat per les diferents vies analitzades.

Tipologia de via	Accidents per milió de veh-km	Morts per accident	Ferits greus per accident	Ferits lleus per accident
Carretera de doble calçada <ul style="list-style-type: none"> • Accessos • Rondes 	0,06	0,13	0,66	1,11
Via preferent de calçada única <ul style="list-style-type: none"> • Xarxa bàsica i local 	0,08	0,14	0,67	1,09

Taula 6-10: Freqüència d'accident en les seves diferents gravetats per a les diferents vies analitzades. Font: Elaboració pròpia.

Considerant que els desplaçaments de connexió transcorren per els accessos i que els desplaçaments interns que desapareixeran són aquells que realitzen el seu desplaçament a través de les rondes, s'assumeix que la **reducció d'accidentalitat** conseqüència de la reducció de **mobilitat interna** i de **connexió** es produeix en base a les freqüències d'accident observades en **carretera de doble calçada**.

6.4.3 Cost de funcionament dels vehicles

La implantació d'un peatge urbà afecta al cost de funcionament de la totalitat dels vehicles que circulen de dues maneres:

- Es produeix un estalvi del cost de funcionament per aquells usuaris que abandonen el cotxe a canvi d'altres modes de transport

- A conseqüència de la variació de les velocitats de circulació (conseqüència de la disminució del volum de vehicles que circulen en les diferents vies de la ciutat) es poden produir variacions en el volum de combustible consumit per desplaçament

L'estalvi del **cost de funcionament** dels **usuaris** que **abandonen** el **cotxe** no serà **considerat** atès que no es concebut com un estalvi per part d'aquells usuaris que es veuen "forçats" a deixar de realitzar el seu desplaçament en cotxe. No obstant, es calcularà quin és aquest estalvi per tal de poder ser considerat a l'hora de valorar quan s'incrementaria el VAN de l'alternativa escollida si es tinguessin en consideració aquests costs.

Atès que la relació entre velocitat de circulació i consum de carburant no és una funció continua sinó una funció definida per trams (veure Figura 5-3), només es produirà una variació del consum de combustible i, per tant, del cost de funcionament, si la variació de velocitat d'una certa via és suficient com per poder canviar de rang de consum de combustible.

Pel que fa a la variació de velocitat als accessos, la següent taula mostra l'evolució en el període d'avaluació de la velocitat en cas de no implantar-se el peatge i per cadascuna de les versions de l'alternativa seleccionada.

ANY	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Velocitat No Peatge(km/h)	87,3	87,5	87,7	87,9	88,2	88,4	88,6	88,8	89,0	89,2	89,5
Velocitat tarifa 1 € (km/h)	89,2	89,4	89,6	89,9	90,1	90,3	90,5	90,7	91,0	91,2	91,4
Velocitat tarifa 1,75 € (km/h)	90,6	90,9	91,1	91,3	91,5	91,8	92,0	92,2	92,4	92,6	92,8
Velocitat tarifa 2,5 € (km/h)	92,1	92,3	92,5	92,8	93,0	93,2	93,4	93,6	93,8	94,1	94,3

Taula 6-11: Velocitat de circulació mitjana als accessos de Barcelona en cas de no implantar-se el peatge (No Peatge) i per les diferents versions de l'alternativa seleccionada. Font: Elaboració pròpia.

Tal com s'observa la taula superior, per cap versió de l'alternativa seleccionada es produeix un canvi de rang de consum de combustible (rangs definits per a velocitats entre 85 i 100 km/h i velocitats superiors en 100 km/h) i, per consegüent, no es produirà cap canvi de consum de combustible ni funcionament als accessos.

Pel que fa al canvi de cost de funcionament a les rondes, la velocitat a les rondes repercuteix directament en la velocitat mitjana de circulació a la xarxa interna de la ciutat, emplaçada a l'any 2015 en 24,3 km/h. Considerant que el rang de consum de combustible es situa en velocitats inferiors a 45 km/h, cap increment de velocitat mitjana de circulació a les rondes permetrà augmentar la velocitat mitjana interna de la ciutat per sobre dels 45 km/h i, per tant, tampoc es produirà cap canvi de consum de combustible ni funcionament.

Tal com s'ha mencionat a l'inici d'aquest apartat, tot i no considerar-se, es calcularà l'estalvi de cost de funcionament dels desplaçaments desapareguts. Els costos d'operació i costos d'aparcament s'han calculat tal com s'estableix a l'apartat 5.3.3.1. El càlcul del cost de combustible mostra certes variacions respecte al procediment mostrat en l'apartat 5.3.3.1 de manera que a continuació es detalla el procediment de càlcul de cost de consum de combustible per a l'ACB.

Un cop determinat el nombre de desplaçaments que desapareixeran com a conseqüència del peatge urbà, a partir del desplaçament mitjà de cada tipus de desplaçament, es podrà estimar el descens en mobilitat anual (veh-km) assolit multiplicant el nombre de desplaçaments interns i de connexió desapareguts per la seva distància de desplaçament i pel nombre de dies que el peatge urbà està operatiu (250 dies).

A partir de la mobilitat anual estalviada interna i als accessos, per determinar el valor de l'estalvi en cost de funcionament bastarà amb multiplicar els costos de funcionament unitaris de cada tipus de via (xarxa interna i accessos, veure Taula 5-13).

6.4.3.1 Cost del consum de combustible

L'estimació del cost del consum de combustible es realitzarà tal com s'estableix a l'apartat 5.3.3.1.2. No obstant, en aquest cas, en lloc d'utilitzar el preu del combustible amb impostos, s'utilitzarà el preu del **combustible sense impostos** atès que la part del preu corresponent als impostos es transfereix dels usuaris a l'estat, entitats considerades a l'ACB.

El cost actualitzat del combustible a la província de Barcelona a l'any 2015 va ser de (Ministerio de Industria, Energía y Turismo, 2016):

- Gasolina: 53,94 cts./litre sense impostos
- Gasoil: 53,62 cts./litre sense impostos

A causa de les notables fluctuacions del cost del combustible observades durant els anys 2016 i 2017 sembla poc prudent realitzar qualsevol estimació de l'evolució del cost del combustible durant el període d'avaluació. En

conseqüència, es considerarà que el **cost del combustible** es mantindrà **estable** durant tot el període d'avaluació.

6.5 Externalitats

Tal com es defineix a l'apartat 2.1.1, una externalitat generada per una certa activitat o consum d'un producte és un efecte positiu o negatiu que afecta a tercers (usuaris que no han realitzat l'activitat o consumit el producte) sense que aquests paguin o siguin recompensats.

El transport terrestre de transport o mercaderies genera diverses externalitats que són percebudes, en general, per tota la societat. Algunes d'aquestes externalitats són la contaminació atmosfèrica, l'impacte sobre el canvi climàtic, la contaminació acústica o bé la pèrdua de biodiversitat o el consum del sòl.

En els següents apartats es detalla el procediment seguit per tal de comptabilitzar l'estalvi associat a l'impacte evitat de les següents externalitats:

- Canvi climàtic
- Impacte ambiental
- Impacte acústic

6.5.1 Cost de canvi climàtic

Una de les partícules que emeten els vehicles quan consumeixen combustible és el CO₂. A pesar de no ser nociu per l'ésser humà, el CO₂ forma part del gasos d'efecte hivernacle, els quals provoquen pujades de la temperatura que repercuteixen en clima i les dinàmiques d'efectes meteorològics, generant impactes sobre els ecosistemes i el medi natural (Ahetze, S., Gragera, A. & Saurí, S., 2015).

Per valorar l'impacte generat per les emissions de CO₂, s'estimen els costos de les emissions generades a partir del cost de les diverses mesures que s'empren per tal de reduir les emissions del pròpia contaminant, establint-se un preu per tona emesa de CO₂.

La Guia per a l'avaluació de projectes de transport proporciona el preu per tona emesa de CO₂ a l'any 2010 i als anys 2020 i 2030 en base a l'agreuament del problemes derivats pel canvi climàtic en un futur pròxim. El preu per tona emesa de CO₂ per aquest anys és (Mcrit, 2010):

- 2010 = 28 €/tona
- 2015 = 28,07 €/tona (actualitzat segons el deflector global de l'economia, veure apartat 6.4.1.1)

- 2020 = 33 €
- 2030 = 41 €

Atès que la Guia per a l'avaluació de projectes de transport proporciona el preu per tona emesa en diferents anys, s'estimarà el preu per cada any del període d'avaluació a partir de la interpolació lineal del preu corresponent als anys 2015 i 2020 (pels anys compresos en aquest període) i 2020-2030 (pels anys compresos en aquest període).

El preu per tona emesa de CO₂ en els diferents anys del període d'avaluació es mostra a la següent taula.

Evolució del preu d'emissió de CO ₂ (€/tona)						
ANY	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cost (€/tona)	28 €	29,06	30,04	31,03	32,01	33 €
ANY	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cost (€/tona)	33 €	33,80	34,60	35,40	36,20	37,00

Taula 6-12: Estimació del preu per tona emesa de CO₂ en els diferents anys del període d'estudi.

Per tal d'estimar la quantitat de tones emeses per cada vehicle, la Guia per a l'avaluació de projectes de transport proporciona les emissions de CO₂ per quilòmetre recorregut en funció de la velocitat de circulació tal com es mostra a la taula inferior.

	CO ₂		NO _x		PM ₁₀	
	Lleugers	Pesants	Lleugers	Pesants	Lleugers	Pesants
< 45 km/h	180,20	723,74	0,34	2,40	0,04	0,17
45 - 55 km/h	134,63	559,25	0,25	1,78	0,03	0,14
55 - 65 km/h	127,56	532,89	0,22	1,65	0,03	0,14
65 - 75 km/h	112,88	544,79	0,21	1,56	0,03	0,13
75 - 85 km/h	110,94	571,62	0,22	1,53	0,03	0,13
85 - 100 km/h	114,95	613,36	0,24	1,54	0,03	0,12
> 100 km/h	140,83	741,62	0,33	1,69	0,05	0,12

Figura 6-4: Factors d'emissió de diferents partícules per diferents velocitats de circulació. Font: Mcrit (2010).

De forma similar al que succeeix amb el cost de consum de combustible, la implantació d'un peatge urbà afecta al cost de canvi climàtic de dues maneres:

- Es produeix una reducció de les emissions de CO₂ conseqüència d'aquells usuaris que deixen de desplaçar-se en cotxe canviant-se a altres modes de transport.
- A conseqüència de la variació de les velocitats de circulació (conseqüència de la disminució del volum de vehicles que circulen en les diferents vies de la ciutat) es poden produir variacions en el volum

d'emissions de CO₂ per desplaçament dels vehicles que segueixen circulant.

No obstant, considerant que els rangs de velocitat dels factors d'emissió i del consum de combustible coincideixen, tal com es descriu a l'apartat 6.4.3, per cap tarifa de l'alternativa escollida es produiran variacions del rang d'emissions de CO₂ de manera que només es calcularan costos associats als desplaçaments en cotxe que desapareixen.

6.5.1.1 Procediment

Un cop determinats el nombre de desplaçaments interns i de connexió que desapareixen com a conseqüència del peatge urbà s'estima la mobilitat anual interna i de connexió associada als desplaçaments desapareguts en base a la distància mitjana de cada tipus de desplaçament a la xarxa interna i als accessos i al nombre de dies que el peatge urbà està operatiu (250).

En base als factors d'emissió de la Figura 6-4 i a les velocitats mitjanes associades a cada desplaçament es calcula el nombre de tones anuals de CO₂ no emeses.

Un cop calculat la reducció anual de tones CO₂ emeses, l'estalvi total anual en concepte de canvi climàtic es calcula mitjançant el preu per tona emesa de CO₂ mostrada a la Taula 6-12.

6.5.2 Cost d'impacte ambiental

Quan un vehicle consumeix combustible emet diverses partícules que són perjudicials per la salut humana, edificacions, agricultura i alguns materials. Dins de les partícules emeses pels vehicles quan consumeixen combustible, en destaquen pel seu efecte perniciosos sobre el aparell respiratori del ésser humà: les micro-partícules (PM₁₀) i els òxids de nitrogen (NO_x).

Per valorar l'impacte generat per les emissions d'aquests contaminants, s'estimen els costos generats per aquestes emissions sobre la salut humana en base als costos mèdics associats i a la reducció d'esperança de vida que comporta (Mcrit, 2010).

La Guia per a l'avaluació de projectes de transport proporciona el preu a l'any 2010 per tona emesa d'aquests dos contaminants. La següent taula mostra el preu per tona a l'any 2010 i a l'any 2015, actualitzat a partir de l'evolució del deflactor global de l'economia (veure apartat 6.4.1.1).

Preu d'emissió (€/tona)	2010	2015
NO _x	2.893	2.900,45
PM ₁₀	17.353	17.397,68

Taula 6-13: Preu per tona emesa de NO_x i PM₁₀. Font: Elaboració pròpia.

Considerant que la Guia per a l'avaluació de projectes de transport no proporciona cap indicació per estimar l'evolució del preu per tona emesa de NO_x i PM₁₀ durant el període d'avaluació, es considerarà que el preu per tona emesa d'aquests contaminants és manté constant al llarg del període d'avaluació.

De forma idèntica al cost per canvi climàtic, es calcularà únicament els costos associats a la reducció de les emissions d'aquests contaminants conseqüència dels desplaçaments en cotxe que desapareixen.

6.5.2.1 Procediment

El procediment utilitzat per calcular l'estalvi d'impacte ambiental és idèntic al procediment seguit per estimar l'estalvi de canvi climàtic, utilitzant els factors d'emissió corresponents mostrats a la Figura 6-4 i els preus per tona emesa de contaminant mostrats a la Taula 6-13.

6.5.3 Impacte acústic

Una altre externalitat associada al transport viari és l'impacte acústic que aquests genera sobre l'entorn pel qual transcorre. Alguns dels efectes perjudicials derivats de l'impacte acústic generat pel transport viari són la pèrdua de productivitat i l'increment de la mortalitat per part dels usuaris afectats pel soroll generat pels vehicles o bé la pèrdua de valor de les propietats properes a fonts d'emissió (grans infraestructures viàries).

Per valorar l'impacte generat per les emissions acústiques generades pel transport viari s'estima el cost de l'impacte acústic generat mitjançant el cost de mesures reductores de soroll que s'empren per tal d'assolir nivells dins dels límits adequats.

La Guia per a l'avaluació de projectes de transport proporciona el cost del soroll per cada 1000 veh·km per diferents vehicles a l'any 2010. La següent taula mostra el cost associat al soroll a l'any 2010 i a l'any 2015, actualitzat a partir de l'evolució del deflactor global de l'economia (veure apartat 6.4.1.1).

Cost associat al soroll (€/1000 veh·km)	2010	2015
Cotxe	4,54	4,57

Taula 6-14: Cost associat al soroll. Font: Elaboració pròpia.

Considerant que la Guia per a l'avaluació de projectes de transport no proporciona cap indicació per estimar l'evolució del cost associat al soroll per cada 1000 veh·km durant el període d'avaluació, es considerarà que a és manté constant al llarg del període d'avaluació.

En aquest cas, els beneficis generats per estalvi de soroll són generats per la mobilitat associada als desplaçaments en cotxe que desapareixen com a conseqüència del peatge urbà.

6.5.3.1 Procediment

Un cop determinats el nombre de desplaçaments interns i de connexió que desapareixen com a conseqüència del peatge urbà s'estima la mobilitat anual total associada als desplaçaments desapareguts en base a la distància mitjana de cada tipus de desplaçament i al nombre de dies que el peatge urbà està operatiu (250).

En base als cost associat al soroll per cada 1000 veh·km (veure Taula 6-14) i la mobilitat anual "desapareguda", es calcula l'estalvi en termes de cost associat al soroll.

6.6 Costs no considerats

En aquest apartat s'agrupen els diferents costos o beneficis no considerats dins de l'ACB. Els diferents costos o beneficis no considerats són:

- Els beneficis d'aquells usuaris que, realitzant un trajecte amb origen i destí fora de Barcelona, transcorren per les vies d'accés a Barcelona beneficiant-se de l'increment de velocitat mitjana estimat a les vies d'accés a Barcelona.
- El cost percebut per part de l'administració per adequar l'oferta actual de transport públic a la nova demanda generada pel peatge urbà.
- L'estalvi del cost de funcionament del cotxe percebut per aquells usuaris que renuncien a desplaçar-se en cotxe canviant a altres modes de transport.
- Els beneficis derivats de la reducció de la congestió a la xarxa bàsica i local conseqüència de la disminució del nombre de desplaçaments realitzats en aquesta.



- Els beneficis derivats de l'augment de la velocitat de circulació del transport públic (bus) a les vies d'accés a la ciutat i a la xarxa local percebuts pels usuaris del transport públic.

7 Agrupació i discussió de resultats

En aquest apartat s'analitzen els resultats obtinguts per cadascuna de les versions del model de peatge urbà proposat, corresponent cada versió a les diferents tarifes proposades.

Per a cada versió s'estudiarà el seu rendiment examinant els beneficis i costos generats així com el valor dels diferents criteris de decisió, com són el **VAN i el TIR social**.

Un cop analitzades les diferents versions proposades per separat, es posarà en referència el rendiment esperat de cada versió comparant els resultats obtinguts per a cada tarifa per tal d'establir la viabilitat de de la proposta de peatge urbà i, en particular, de cada tarifa.

Un cop establert quina de les tarifes pot generar una major plusvàlua per a la societat, s'estudiarà la validesa dels resultats obtinguts i s'establiran futures línies de treball que permetin incrementar la certesa dels resultats obtinguts.

Es important recordar que, tal com s'explica a l'apartat 6, els beneficis i costos calculats per a cada versió del model proposat corresponen a la diferència dels beneficis i costos obtinguts per a l'alternativa 0 (situació actual) i per a les diferents versions del model proposat.

A l'ANNEX IV es mostren les dades desglossades dels beneficis i costos generats per a cada versió del model proposat.

7.1 Anàlisi dels resultats obtinguts en les diferents versions de del model proposat

7.1.1 Tarifa 1 €

Els diferents beneficis i costos socioeconòmics obtinguts per a la versió corresponent a la tarifa baixa d'1€ pel model de peatge proposat es mostren a la següent taula.

ANY	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor de l'estalvi de temps de viatge en congestió (M €)	34,05	33,92	33,80	33,68	33,57	33,45	33,34	33,23	33,13	33,02	32,92
Valor de l'increment del temps de viatge per canvi de mode de transport (M €)	-17,40	-17,67	-17,94	-18,22	-18,49	-18,77	-19,05	-19,33	-19,61	-19,90	-20,19
Valor total del cost de funcionament evitat (M €) ¹	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19	62,19
Valor de l'accidentalitat evitada (M €)	7,94	7,94	7,94	7,94	7,94	7,94	7,94	7,94	7,94	7,94	7,94
Valor del cost per canvi climàtic evitat (M €)	1,35	1,40	1,45	1,49	1,54	1,59	1,63	1,66	1,70	1,74	1,78
Valor del cost de les emissions de NO _x evitades (M €)	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Valor del cost de les emissions de PM ₁₀ evitades (M €)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Valor del cost per impacte acústic evitat (M €)	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Ingressos econòmics generats pel peatge (M €) ¹	113,86	112,76	111,67	110,58	109,51	108,45	107,40	106,35	105,32	104,30	103,28
Cost d'operació i manteniment anual del peatge (M €)	-7,59	-7,57	-7,54	-7,52	-7,50	-7,47	-7,45	-7,43	-7,40	-7,38	-7,36

Taula 7-1: Costos i beneficis generats per la versió amb tarifa d'1€ del model de peatge urbà proposta. Nota (1) = Els beneficis econòmics senyalats no han estat considerats al càlcul del VAN i el TIR però són emprats al posterior anàlisi dels resultats. Font: Elaboració pròpia.

A partir dels beneficis i costos mostrats a la taula anterior (amb excepció dels costos de funcionament evitats i els ingressos econòmics, no considerats en primer instància a l'ACB), s'obtenen el següents VAN i TIR.

VAN (€)	108.307.016	TIR (%)	39,03%
----------------	-------------	----------------	--------

Taula 7-2: VAN i TIR social associat als costos i beneficis generats per la versió d'1 € del model de peatge urbà proposat. Font: Elaboració pròpia.

Amb una tarifa d'1 € per desplaçament, el VAN del peatge urbà ronda els 110 M€, posant de manifest el benefici per la societat que suposaria implementar aquesta mesura amb aquesta tarifa.

D'altra banda, és important analitzar la certesa de la estimació dels costos i beneficis per tal d'entendre com difereix el VAN i TIR obtinguts dels reals.

Per una banda, el fet de considerar únicament el temps de congestió evitat en accessos i rondes suposa realitzar **una estimació conservadora** de l'impacte del peatge urbà en relació a la disminució de la congestió.

Tot i que, tal com s'argumenta a l'apartat 5.5, la reducció de desplaçaments de connexió a les rondes, accessos i xarxa local i bàsica podria atraure nous desplaçaments interns a la ciutat, sembla raonable afirmar que el peatge urbà permetria reduir la congestió, en menor mesura que als accessos i rondes, a la xarxa local i bàsica de Barcelona, efecte no considerat a l'actual ACB.

D'altra banda, tampoc s'ha considerat l'increment de la velocitat del transport públic en les vies d'accés, a les rondes i a la xarxa interna de la ciutat, el qual hagués reduït el cost generat per l'increment de temps de viatge dels usuaris que realitzen un canvi modal de cotxe a altres modes.

En la mateixa línia, tampoc es considera (tal com consta a la Taula 7-1) l'estalvi de cost de funcionament dels usuaris que abandonen el cotxe cap altres modes de transport, el qual hagués augmentat notablement el VAN i TIR d'aquesta versió del peatge proposat tal com s'observa a l'apartat 7.2.

Tenint en consideració aquests arguments sembla prudent afirmar la validesa del VAN i TIR obtinguts.

7.1.2 Tarifa 1,75 €

Els diferents beneficis i costos socioeconòmics obtinguts per a la versió corresponent a la tarifa intermèdia d'1,75€ pel model de peatge proposat es mostren a la següent taula.

ANY	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor de l'estalvi de temps de viatge en congestió (M €)	52,45	52,24	52,03	51,83	51,63	51,43	51,24	51,04	50,86	50,67	50,49
Valor de l'increment del temps de viatge per canvi de mode de transport (M €)	-29,71	-30,18	-30,66	-31,14	-31,62	-32,11	-32,59	-33,09	-33,58	-34,08	-34,58
Valor total del cost de funcionament evitat (M €) ¹	108,84	108,84	108,84	108,84	108,84	108,84	108,84	108,84	108,84	108,84	108,84
Valor de l'accidentalitat evitada (M €)	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89	13,89
Valor del cost per canvi climàtic evitat (M €)	2,36	2,45	2,53	2,61	2,70	2,78	2,85	2,91	2,98	3,05	3,11
Valor del cost de les emissions de NO _x evitades (M €)	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Valor del cost de les emissions de PM ₁₀ evitades (M €)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Valor del cost per impacte acústic evitat (M €)	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
Ingressos econòmics generats pel peatge (M €) ¹	181,18	179,26	177,35	175,45	173,58	171,72	169,88	168,05	166,24	164,45	162,67
Cost d'operació i manteniment anual del peatge (M €) ¹	-9,07	-9,03	-8,99	-8,95	-8,91	-8,87	-8,83	-8,79	-8,75	-8,71	-8,67

Taula 7-3: Costos i beneficis generats per la versió amb tarifa d'1,75 € del model de peatge urbà proposta. Nota (1) = Els beneficis econòmics senyalats no han estat considerats al càlcul del VAN i el TIR però són emprats al posterior anàlisi dels resultats. Font: Elaboració pròpia.

A partir dels beneficis i costos mostrats a la taula anterior (amb excepció dels costos de funcionament evitats i els ingressos econòmics, no considerats en primer instància a l'ACB), s'obtenen el següents VAN i TIR.

VAN (€)	208.351.031	TIR (%)	66,41%
----------------	-------------	----------------	--------

Taula 7-4: VAN i TIR social associat als costos i beneficis generats per la versió d'1,75 € del model de peatge urbà proposat. Font: Elaboració pròpia.

Tal com succeeix amb la tarifa més baixa, els valors positius del VAN i el TIR reflecteixen el benefici per la societat que generaria implementar un peatge urbà amb una tarifa d'1,75 € per desplaçament.

Per la tarifa intermèdia també apliquen les diferents hipòtesis vàlides per la versió amb tarifa baixa que permeten catalogar l'ACB aplicat com a conservador.

No obstant, en aquest cas és necessari qüestionar l'**estalvi de temps de congestió** obtingut, calculat a partir de la diferència de temps de recorregut entre l'alternativa 0 (no peatge) i el model de peatge proposat. La següent taula mostra les relacions típiques entre velocitat mitjana i intensitat de circulació per carril en autopistes (línies contínues) i carreteres de dos carrils (línia discontinua) amb diferents velocitats màximes de circulació en condicions de circulació lliure i circulació congestionada (inestable).

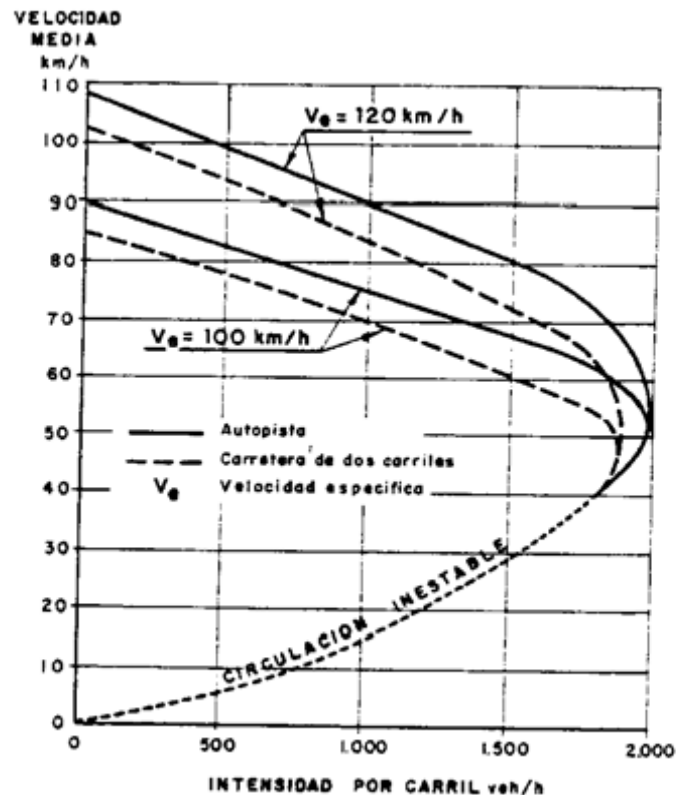


Figura 7-1.: Corba típica de velocitat mitjana de circulació i intensitat vehicular per carril per autopistes i carreteres de dos carrils per diverses velocitats màximes de circulació. Font: Departamento de Ingeniería Mecánica (2008).

Tal com s'observa a la imatge, en condicions de lliure circulació la velocitat mitjana màxima de circulació és inferior a la pròpia velocitat màxima de la via. Aquest fet implica que, per tal d'assolir un estat de congestió nul·la en una via, la velocitat mitjana de circulació no ha d'assolir la velocitat màxima de circulació de la via.

A la imatge també s'aprecia que, en vies amb velocitats màximes de circulació de 120 i 100 km/h, les velocitats mitjanes màximes de circulació són de l'ordre de 10 km/h menys que les velocitats màximes de circulació per a autopistes i de l'ordre de 15 km/h per a carreteres de dos carrils.

En conseqüència, en el cas de les rondes (considerant que en la majoria del seu recorregut dins de l'àmbit de Barcelona la velocitat màxima de circulació és de 80 km/h i que té la morfologia d'una autopista) podríem estimar, amb certa incertesa, que la velocitat mitjana de congestió nul·la és del ordre dels 70 km/h.

La següent taula mostra, pels diferents anys del període d'estudi, la velocitat de circulació estimada a les rondes en el cas d'implementar-se (V peatge) i en el cas de no implementar-se el peatge (V No peatge).

Any	2015	2016	2017	2018	2019	2020
V No peatge (km/h)	57,3	57,5	57,8	58,0	58,3	58,5
V Peatge (km/h)	68,8	69,1	69,3	69,6	69,8	70,1
Any	2020	2021	2022	2023	2024	2025
V No peatge (km/h)	58,5	58,8	59,0	59,2	59,5	59,7
V Peatge (km/h)	70,1	70,3	70,6	70,8	71,1	71,3

Taula 7-5: Velocitats de circulació a les rondes en els diferents anys del període d'avaluació per l'alternativa 0 i per la versió d'1,75€ del model del peatge proposat. Font: Elaboració pròpia.

En la versió del peatge amb la tarifa baixa (1 €), les velocitats de circulació mitjanes de les rondes en cas d'introduir-se el peatge no superaven en cap any del període d'avaluació els 70 km/h, velocitat catalogada com velocitat de congestió nul·la.

D'altra banda, per a la versió amb tarifa intermèdia, a la taula superior s'observa com en 6 dels 11 anys del període d'estudi (notar que l'any 2020 es repeteix a la taula) s'assoleix una velocitat superior als 70 km/h.

En base als arguments establerts en els paràgrafs anteriors, sembla provable que els estalvis de temps en congestió haurien de disminuir progressivament entre els anys 2020 i 2025 atès que el temps de recorregut al implementar el peatge s'hauria d'estancar durant aquest període (ja que s'hauria superat la velocitat de congestió nul·la de 70 km/h) mentre que, en l'alternativa 0 el temps de recorregut seguiria disminuït durant aquest anys al mostrar velocitats molt inferiors als 70 km/h.

En la línia de la incertesa de l'estalvi de temps de congestió, un altre factor a considerar és l'omissió dels costos assumits per l'administració per tal de poder absorbir la nova demanda de transport públic.

Quan s'implanta un peatge urbà, un determinat nombre d'usuaris renuncien a realitzar el seu desplaçament en cotxe, de manera que un bon nombre d'aquests usuaris passen a realitzar els seus desplaçaments diaris en transport públic. En aquells casos en que aquest volum de nous usuaris sigui relativament petit és factible que l'oferta existent de transport públic (i.e. freqüència i nombre de vehicles) pugui absorbir la nova demanda.

No obstant, a mesura que augmenta la tarifa del peatge s'incrementa també el nombre d'usuaris que, renunciant a realitzar el seu desplaçament en cotxe, passen a utilitzar el transport públic. En conseqüència, també augmenta la possibilitat que l'administració hagi de realitzar noves inversions que permetin

adequar l'oferta a la nova demanda del transport públic com, per exemple, adquirint nous vehicles.

Per consegüent, és raonable assumir que els costos de l'administració per millorar l'oferta de transport públic, no reflectits en el VAN i TIR anteriors, seran majors si s'implementa la tarifa intermèdia en lloc de la més baixa.

Per tant, considerant la incertesa que generen els estalvis de temps de congestió i l'omissió del cost assumit per l'administració per adequar l'oferta de transport públic, en el cas de la versió amb tarifa d'1,75 € no es pot afirmar amb la mateixa rotunditat que el procediment ACB sigui conservador i, per consegüent, que el VAN i el TIR reals siguin superiors als estimats en aquest apartat.

7.1.3 Tarifa 2,5 €

Els diferents beneficis i costos socioeconòmics obtinguts per a la versió corresponent a la tarifa elevada de 2,5 € pel model de peatge proposat es mostren a la següent taula.

ANY	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Valor de l'estalvi de temps de viatge en congestió (M €)	65,80	65,49	65,20	64,90	64,61	64,33	64,05	63,77	63,50	63,23	62,96
Valor de l'increment del temps de viatge per canvi de mode de transport (M €)	-43,50	-44,17	-44,85	-45,54	-46,23	-46,92	-47,62	-48,33	-49,03	-49,75	-50,46
Valor total del cost de funcionament evitat (M €) ¹	155,48	155,48	155,48	155,48	155,48	155,48	155,48	155,48	155,48	155,48	155,48
Valor de l'accidentalitat evitada (M €)	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85
Valor del cost per canvi climàtic evitat (M €)	3,38	3,49	3,61	3,73	3,85	3,97	4,06	4,16	4,26	4,35	4,45
Valor del cost de les emissions de NO _x evitades (M €)	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Valor del cost de les emissions de PM ₁₀ evitades (M €)	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Valor del cost per impacte acústic evitat (M €)	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96
Ingressos econòmics generats pel peatge (M €)	233,02	230,27	227,54	224,84	222,16	219,50	216,87	214,26	211,68	209,12	206,58
Cost d'operació i manteniment anual del peatge (M €)	-10,21	-10,15	-10,09	-10,03	-9,98	-9,92	-9,86	-9,80	-9,74	-9,69	-9,63

Taula 7-6: Costos i beneficis generats per la versió amb tarifa de 2,5 € del model de peatge urbà proposta. Nota (1) = Els beneficis econòmics senyalats no han estat considerats al càlcul del VAN i el TIR però són emprats al posterior anàlisi dels resultats. Font: Elaboració pròpia.

A partir dels beneficis i costos mostrats a la taula anterior (amb excepció dels costos de funcionament evitats i els ingressos econòmics, no considerats en primer instància a l'ACB), s'obtenen el següents VAN i TIR.

VAN (€)	256.759.274	TIR (%)	80,33%
----------------	-------------	----------------	--------

Taula 7-7: VAN i TIR social associat als costos i beneficis generats per la versió de 2,5 € del model de peatge urbà proposat. Font: Elaboració pròpia.

Tal com era esperable, considerant els resultats obtinguts en els casos anteriors, s'obtenen valors positius pel VAN i el TIR associats a la tarifa elevada de 2,5 €, reflectint l'impacte positiu que tindria per a la societat la implementació d'aquesta versió del model de peatge urbà proposat.

En aquest cas, a pesar que la diferència proporcional d'usuaris que es transfereixen al transport públic no és tant elevada en comparació amb la tarifa intermèdia (veure Taula 7-12), **s'agreuja la incertesa** relacionada amb l'**estalvi de temps de congestió** a les rondes per velocitats superiors a 70 km/h (veure taula inferior).

Any	2015	2016	2017	2018	2019	2020
V No peatge (km/h)	57,3	57,5	57,8	58,0	58,3	58,5
V Peatge (km/h)	73,8	74,1	74,3	74,6	74,8	75,0
Any	2020	2021	2022	2023	2024	2025
V No peatge (km/h)	58,5	58,8	59,0	59,2	59,5	59,7
V Peatge (km/h)	75,0	75,3	75,5	75,8	76,0	76,3

Taula 7-8: Velocitats de circulació a les rondes en els diferents anys del període d'avaluació per l'alternativa 0 i per la versió de 2,5 € del model del peatge proposat. Font: Elaboració pròpia.

Per a la versió de tarifa elevada, no només augmenta el nombre d'anys en que la velocitat és superior a 70 km/h (passant de 6 als 11 anys del període d'estudi) sinó que les velocitats obtingudes són molt superiors a la pròpia velocitat teòrica de nul la congestió (70 km/h), a diferència de la versió amb tarifa intermèdia on la màxima velocitat pots-peatge obtinguda correspon a 71,3 km/h.

Per consegüent, és raonable assumir que l'estalvi de temps de congestió hauria de disminuir notablement durant el període d'estudi, fet no observat a la Taula 7-6 on únicament s'aprecia una lleugera disminució.

Considerant l'increment del cost per part de l'administració per absorbir els nous usuaris de transport públic i la incertesa dels estalvis de temps de congestió, en aquest cas tampoc es pot afirmar que el procediment ACB aplicat sigui conservador per aquesta tarifa i, en conseqüència, que el VAN i el TIR reals proposat siguin superiors als estimats en aquest apartat.

7.2 Anàlisi comparatiu dels rendiment de les diferents versions de del model proposat

Abans d'entrar a analitzar quina de les alternatives presenta un millor rendiment, en primer lloc és important posar de manifest que **implementar** qualsevol de les versions del **model proposat** generaria un impacte beneficiós per a la societat. A més a més, es pot afirmar que les **rendibilitats socials** de les diferents versions del peatge urbà proposat són **molt elevades** ja que dupliquen (sobradament) la taxa social de descompte (5%).

Per tal d'entendre el benefici social associat a cada versió del model de peatge urbà proposat i perquè augmenten el VAN i la TIR a mesura que augmentem la tarifa del peatge, és útil analitzar el pes dels diferents beneficis i costos del peatge.

La següent taula mostra, per cada tarifa:

- El benefici actualitzat anual mitjà associat a estalvis de temps, calculat com la mitjana anual de la suma dels beneficis actualitzats per l'estalvi de temps de viatge en congestió i dels costos actualitzats per l'increment del temps de viatge per canvi de mode de transport de tots els anys del període d'avaluació
- El benefici actualitzat anual mitjà associat a altres conceptes, calculat com la mitjana anual de la suma dels beneficis actualitzats associats a altres conceptes de tots els anys del període d'avaluació
- El cost d'operació actualitzat anual mitjà, calculat com la mitjana anual dels costos d'operació actualitzats de tots els anys del període d'avaluació
- El pes dels beneficis actualitzats anuals mitjans associat a estalvis de temps respecte el global dels beneficis actualitzats anuals mitjans

D'altra banda, la taula també inclou, per les tarifes d'1,75 € i de 2,5 €, l'increment percentual de les variables anteriors respecte la versió amb tarifa d'1 €.

Benefici actualitzat anual mitjà associat a estalvis de temps (M€)	14,69	19,32	17,40
Increment percentual respecte la versió de tarifa d'1 €	-	32%	18%
Benefici actualitzat anual mitjà associat a altres conceptes (M€)	11,58	20,26	28,94
Increment percentual respecte la versió de tarifa d'1 €	-	75%	97%
Cost operacional actualitzat anual mitjà (M€)	-7,47	-8,87	-9,92
Increment percentual respecte la versió de tarifa d'1 €	-	19%	33%
Pes percentual dels beneficis associats a estalvis de temps respecte als beneficis totals	56%	49%	38%

Taula 7-9: Evolució de diferents beneficis i costos actualitzats anuals per a les diferents versions del model de peatge urbà proposat. Pes percentual dels beneficis associats a l'estalvi de temps respecte als beneficis totals. Font: Elaboració pròpia.

De la taula anterior se'n desprenen diverses conclusions rellevants. En primer lloc, a mesura que s'incrementa la tarifa del peatge, l'**augment** dels beneficis associats a **estalvis de temps** és notablement **inferior** al **creixement** observat en els **beneficis** associats a la **resta de conceptes**.

D'altra banda, els beneficis associats a estalvis de temps disminueixen al incrementar la tarifa d'1,75 € a 2,5, conseqüència de l'estancament dels beneficis per l'estalvi de temps de viatge en congestió i del creixement dels costos associats a l'increment del temps de viatge per canvi de mode de transport.

En conseqüència, el supòsit de que la **millora dels temps de desplaçament** dels usuaris que es desplacen en cotxe correspongui a la **finalitat principal** del peatge urbà, no tindria sentit implementar una tarifa de 2,5 € atès que amb una **tarifa d'1,75 €** s'obtidrien, amb un **impacte social** molt **menor**, **millors resultats** en termes d'estalvi de temps.

Un dels principals factors que sustenta el creixement del VAN a majors tarifes (veure Taula 7-10) és la contraposició del lleuger augment dels costos d'operació a mesura que s'incrementa la tarifa (únicament varia el cost de les transaccions) enfront dels increments observats en la resta de beneficis (veure Taula 7-9).

Per una altre part, un resultat derivat de les dues primeres conclusions és que, a mesura que augmenten la tarifa, el pes dels beneficis associats l'estalvi de temps disminueixen, guanyant pes els beneficis associats a la resta de conceptes.

En relació als VANs positius que presenten les tres versions de del model de peatge urbà proposat, tot i la incertesa que comporten les versions de tarifa intermèdia i alta, hi ha altres **factors no considerats** que consoliden l'impacte positiu per a la societat de les diferents versions del peatge urbà.

En primer lloc, tal com es detalla a l'apartat 6.4.3, no s'han considerat l'**estalvi dels usuaris** pels **costs de funcionament** evitats atès que els usuaris que abandonen el cotxe com a conseqüència del peatge no conceben els costos evitats com a un benefici.

No obstant, els resultats obtinguts per a cada versió (Taula 7-1, Taula 7-3 i Taula 7-6) mostren la magnitud de l'estalvi econòmic pels usuaris que abandonen el cotxe, superior fins i tot als estalvis de temps de congestió.

La següent taula mostra el VAN i el TIR de les diferents versions del peatge urbà proposat si es tinguessin en compte l'estalvi dels usuaris pels costos de funcionament, on s'observen notables augments del VAN i el TIR si es prenen en consideració els beneficis per estalvi de costos de funcionament.

Variable	Estalvi de costos de funcionament no considerats		Estalvi de costos de funcionament considerats	
	VAN (€)	TIR	VAN (€)	TIR
Tarifa baixa	108.307.016	39,03%	611.998.075	165,10%
Tarifa intermèdia	208.351.031	66,41%	1.089.810.384	284,84%
Tarifa elevada	256.759.274	80,33%	1.515.986.922	391,93%

Taula 7-10: VAN i TIR socials en cas de considerar o no l'estalvi de costos de funcionament. Font: Elaboració pròpia.

Dins dels fluxos de beneficis i costos del VAN tampoc han estat considerats els **ingressos econòmics** generats pel **peatge urbà** atès que es tracta d'una transferència entre els usuaris i l'administració que impulsa la mesura.

No obstant, en la gran majoria dels peatges urbans analitzats els **ingressos econòmics** generats són **reinvertits** en millorar l'**oferta de transport públic**, de manera que la societat acaba percebent beneficis de les tarifes abonades.

En conseqüència, els ingressos econòmics podrien ser considerats dins de l'ACB tot i que el benefici que percebrà la societat d'aquests ingressos provablement no sigui tant elevat com el valor dels propis ingressos econòmics.

Per tal d'exemplificar el possible efecte dels beneficis generats per la reinversió dels ingressos generats pel peatge urbà, la següent taula mostra el VAN i el

TIR de les diferents versions de l'alternativa escollida si es tinguessin en compte els ingressos econòmics generats pel peatge urbà.

Variable	Ingressos econòmics no considerats		Ingressos econòmics considerats	
	VAN (€)	TIR	VAN (€)	TIR
Tarifa baixa	108.307.016	39,03%	1.013.810.516	272,53%
Tarifa intermèdia	208.351.031	66,41%	1.642.892.698	436,38%
Tarifa elevada	256.759.274	80,33%	2.091.691.002	555,99%

Taula 7-11: VAN i TIR socials en cas de considerar o no els ingressos econòmics generats pel peatge urbà. Font: Elaboració pròpia.

A l'hora de considerar quina de les tarifes utilitzar en el model del peatge urbà proposat no es pot tenir en compte únicament el VAN i TIR ja que existeixen altres factors que condicionen aquesta decisió.

Dos d'aquests factors, ja mencionat anteriorment als apartats 7.1.2 i 7.1.3 és la **incertesa relacionada** amb els estalvis de temps de congestió i el cost per part de l'administració per absorbir la nova demanda de transport públic en les versions amb **tarifa intermèdia i elevada**.

En relació a aquests últims costos omesos, la següent taula mostra l'increment de demanda diària de transport públic induïda pel peatge urbà, l'increment percentual d'aquesta demanda respecte la versió corresponent a la tarifa inferior i, quin percentatge sobre el nombre de viatges actuals representaria aquests increments de demanda de transport públic.

Versió	Demanda diària induïda de transport públic	Increment respecte versió amb tarifa inferior	% sobre nombre de viatges actuals
Tarifa baixa	69.994	-	1,9%
Tarifa intermèdia	122.490	75%	3,3%
Tarifa elevada	174.985	43%	4,7%

Taula 7-12: Demanda diària induïda de transport públic, increment de la demanda induïda respecte la tarifa inferior i percentatge que representa la demanda induïda respecte el nombre actual de viatges (930 M de viatges a l'any aproximadament). Font: Elaboració pròpia.

Si analitzem els percentatges sobre la demanda actual que representen els increments de demanda de transport públic, la proporció que representa la demanda induïda sembla suficientment petita per tal de poder considerar que el cost que haurà d'assumir l'administració per absorbir aquesta nova demanda

seran gairebé menyspreables independentment de la tarifa escollida. Només en aquells casos en els que la nova demanda de transport públic es concentri en poques línies, amb una ocupació prèvia elevada, es podria donar la situació en que l'administració hagués de realitzar inversions d'una quantitat considerable.

Un altre factor que condiciona la introducció d'un peatge urbà és la **desigualtat social** associada a aquest tipus de mesures. En cas de no disposar de descomptes socials pels grups més desfavorits, els peatges urbans tenen un **major impacte** sobre els grups socials amb **rendes inferiors** degut a la menor disponibilitat per fer front al cost econòmic que suposa passar a pagar la tarifa del peatge urbà (Van Amelsfort, D., 2015).

A pesar que generalment la reinversió dels ingressos generats pel peatge en transport públic beneficia als grups socials amb rendes més baixes (ja que són els grups que utilitzen en major proporció el transport públic) és necessari ser conscient que a **major tarifes major és l'impacte social** que genera el peatge.

Considerant el notable **impacte social** associat a les tarifes intermèdia i elevada juntament amb la **incertesa** intrínseca d'aquestes versions respecte els beneficis per temps de congestió, es **recomana implementar el peatge urbà amb la tarifa baixa d'1 €**.

Altres factors que afavoreixen la implementació de la tarifa baixa són:

- La possibilitat de complementar el peatge urbà amb altres mesures que permetin reduir la utilització del vehicle privat front el transport públic, com per exemple les **zones de baixa emissions** (veure cas de Milà, apartat 1.2 de l'ANNEX I) o bé la implementació d'aparcaments d'enllaç ("**park & ride**").
- La possibilitat de incrementar i evolucionar progressivament la tarifa en base al comportament dels usuaris del peatge urbà per tal de seguir incrementar el rendiment d'aquest.

7.3 Anàlisi de la validesa dels resultats obtinguts

Tal com s'ha mencionat al llarg d'aquest apartat, existeixen diferents factors o efectes del peatge urbà que no han estat considerats per falta d'informació per poder estimar el seu impacte correctament.

Considerar aquests factors suposaria la introducció dels costos o beneficis associats i, sobretot, suposaria la reducció de la incertesa lligada al nombre de costos i beneficis no quantificats.

D'altre banda, dins de la metodologia emprada per estimar l'impacte generat sobre la societat arrel de la introducció del peatge urbà, s'inclouen diverses hipòtesis necessàries per tal d'assolir els resultats monetaris finals.

Alguna d'aquestes hipòtesis són conservadores i comporten una infraestimació dels beneficis generats pel peatge (o alternativament una sobreestimació dels costos generats) mentre que les altres hipòtesis afegeixen incertesa als resultats obtinguts.

Independentment del seu impacte, tots aquests factors o hipòtesis distorsionen el valor del VAN i la TIR obtinguts en relació als valors reals i, per tant, és clau identificar-los adequadament per tal de possibilitar una millora dels resultats obtinguts.

A continuació s'enumeren els diferents beneficis i costos no considerats en aquest treball.

Beneficis no considerats o hipòtesis conservadores assumides:

- Beneficis per estalvis de temps d'aquells usuaris que transcorren per les vies d'accés a la ciutat de Barcelona (B-23, C-31, C-58, etcètera), però al no tenir origen o destinació a Barcelona no han estat considerats (veure apartat 6.4.1.2.1)
- Beneficis associats a estalvis de temps de desplaçament de mercaderies, el qual representa un cert percentatge de la mobilitat urbana i, a més a més, té un valor del temps notablement més alt que el transport de persones, 25,4 €/hora enfront els 11,02 €/hora a l'any 2010
- Beneficis associats als estalvis de temps de congestió a la xarxa bàsica i interna
- Beneficis associats als estalvis de temps dels usuaris de transport públic ocasionats per l'hipotètic augment de la velocitat comercial que generaria la desaparició de desplaçaments en cotxe
- Beneficis associats a l'estalvi per cost de funcionament

Costs no considerats o hipòtesis amb incertesa intrínseca assumides:

- Extrapolació lineal de la velocitat de circulació en base a les relacions de IMD i velocitat observades sense considerar l'existència d'una velocitat de congestió nul·la (veure apartat 7.1.2)
- No considerar la possibilitat de realitzar canvi modal a altres modes de transport o alternatives com la moto o el cotxe multiusuari
- A pesar de que està considerat intrínsecament a les elasticitats, no s'ha considerat cap atracció de desplaçaments interns i de connexió a les vies on es redueixen el nombre de desplaçaments en cotxe

- Cost percebut per l'administració pública per adequar l'oferta de transport públic enfront de l'increment d'usuaris
- No ha estat considerat una possible reducció dels ingressos d'altres fonts de l'administració pública, com per exemple aparcaments públics o zones d'aparcament regulat, com a conseqüència de la disminució de desplaçaments en cotxe generada pel peatge urbà
- No ha estat considerat l'existència d'un traspassament de desplaçaments a franjes horàries no afectades pel peatge, cap la via C-16 (únic accés de gran capacitat no tarifada) o altres vies d'accés secundàries

7.4 Futures línies d'estudi

A continuació es detallen futures línies d'estudi que, en cas de voler aprofundir en l'anàlisi de l'impacte d'un peatge urbà, permetrien millorar la l'exactitud dels resultats obtinguts en aquest projecte.

Aquestes futures línies d'estudi corresponen a:

- Anàlisi i determinació de la relació IMD – Velocitat mitjana de circulació a les vies d'accés i rondes de la ciutat
- Creació d'un model de simulació de mobilitat a la xarxa bàsica i interna de la ciutat, el qual juntament amb la línia anterior, permetria estimar amb precisió els estalvis de temps conseqüència de la disminució de desplaçaments que transcorren diàriament per la ciutat
- Estudi exhaustiu de la congestió als accessos, rondes i xarxa interior de la ciutat el qual permetria, per exemple, establir les velocitats mitjanes de circulació lliures que marquen l'inici de la congestió
- Estudi del comportament de la demanda del transport privat a Barcelona davant la implementació d'un peatge urbà a Barcelona, tal com es va fer a Milà, el qual permetria establir amb major precisió elasticitats, efectes de traspassament de desplaçaments a altres franges horàries, comportament dels usuaris que realitzen canvi modal, etcètera
- Estudi de la mobilitat als accessos i rondes de la ciutat per tal d'entendre el desenvolupament de la mobilitat al llarg d'aquestes vies el qual permetria dissenyar el peatge urbà al comportament dels usuaris, millorant l'efectivitat d'aquest
- Estudi de la combinació dels efectes d'un peatge urbà amb altres mesures reductores de les emissions del transport privat com per exemple zones de baixes emissions o aparcaments d'enllaç
- Estudi del encaix d'un peatge urbà amb les mesures de mobilitat amb previsió de ser implementades dins de l'àmbit de Barcelona en el mateix període

- Anàlisi de l'impacte dels diferents aspectes considerats dins d'un anàlisi de sensibilitats, com per exemple:
 - Inclusió de motocicletes, camions i furgonetes dins dels vehicles afectats pel peatge urbà
 - Efecte d'una tarifa variable en funció de l'horari del desplaçament, la seva localització o la tipologia de vehicle
 - Impacte de implementar un peatge amb tecnologia ANPR i la compatibilitat d'aquest sistema per a l'execució d'altres mesures de mobilitat com per exemple la prohibició de la circulació dels vehicles més antics

8 Conclusions

El principal objectiu d'aquest treball ha estat analitzar l'impacte social que generaria la implantació d'un peatge urbà a l'àmbit de Barcelona de Barcelona i establir possibles futures línies d'estudi enfocades a enriquir els resultats obtinguts en el present treball en relació a l'impacte social del peatge.

L'estudi dels peatges urbans existents ha permès deduir les bones pràctiques observades i costos associats als diferents peatges. D'altra banda també s'ha determinat el comportament esperat dels usuaris de transport privat davant la implementació d'un peatge urbà (elasticitats de demanda i canvi modal).

En el següent apartat, on s'ha analitzat la mobilitat de l'àmbit de Barcelona, s'ha deduït la rellevància dels desplaçaments de connexió dins de la mobilitat en cotxe i l'acumulació i magnitud de la congestió als principals accessos de Barcelona.

En base a aquestes últimes conclusions s'han elaborat les diferents alternatives de peatge urbà que encaixarien en l'àmbit de Barcelona. Gràcies a l'anàlisi comparatiu d'aquestes alternatives s'ha pogut definir el model de peatge urbà, enfocat a limitar els desplaçaments en cotxe als accessos i rondes de la ciutat.

Un cop definit el model de peatge urbà s'han establert els principals impactes que se'n deriven, que consisteixen en la reducció dels desplaçaments en cotxe, el comportament dels usuaris que abandonen aquest tipus de transport i les variacions de temps de viatge generades.

Posteriorment s'ha definit la metodologia per avaluar els beneficis i costos associats a l'impacte del peatge urbà i, finalment, s'han quantificat aquests beneficis i costos en base a aquesta metodologia i a les diferents dades recollides al llarg del treball.

L'anàlisi dels resultats obtinguts ha permès afirmar, tot i les incerteses inherents en la metodologia seguida, l'impacte positiu per la societat que generaria la implementació del model de peatge urbà proposat independentment de la tarifa escollida.

En particular, els beneficis socials agregats generats pel peatge durant el període 2015-2025 oscil·larien entre 110 i 260 milions d'euros amb una rendibilitat social associada d'entre 40 i 80%.

Altrament, s'ha pogut comprovar l'evolució dels diferents tipus de beneficis socials generats, segregats entre estalvis de temps i altres beneficis, en funció de la tarifa seleccionada, observant-se que a mesura que s'incrementa la tarifa

els beneficis per estalvis de temps perden pes en comparació al creixement de la resta de beneficis.

En aquest mateix apartat també s'han identificat els diferents factors o hipòtesis que desvien l'estimació dels beneficis i costos dels impactes reals que generaria el peatge urbà.

En la seva majoria, aquests factors corresponen a costos o beneficis no comptabilitzats com a conseqüència de l'absència d'informació que permeti estimar-los adequadament.

Finalment, gràcies a la identificació dels factors anteriors, s'han establert diverses futures línies de treball relacionades en gran mesura amb les següents temàtiques:

- Elaboració de models de mobilitat que permetin estimar els estalvis de temps generats pel peatge amb major precisió
- Estudi exhaustiu de la congestió a les diferents vies de la ciutat
- Estudi del comportament actual de la demanda de transport privat a Barcelona i del seu comportament davant la implantació d'un peatge urbà
- Estudi de l'impacte combinat entre el peatge urbà i altres mesures reductores del transport privat
- Anàlisi de sensibilitats dels diferents elements conformadors del peatge urbà

9 Bibliografia i altres fonts de consulta

9.1 Capítol 1

9.1.1 Fonts bibliogràfiques

Catà, J. (2017). Barcelona veta la circulación de los coches de más de 20 años a partir de 2019. *El país*. Disponible a: http://ccaa.elpais.com/ccaa/2017/03/06/catalunya/1488800064_042834.html

Comisión de las Comunidades Europeas (2007). *LIBRO VERDE. Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana*. Brussel·les, Bèlgica. Disponible a: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52007DC0551&from=EN>

El Periódico (2016). *Barcelona es la ciudad con más congestión de tráfico de España*. Disponible a: <http://www.elperiodico.com/es/noticias/barcelona/barcelona-ciudad-mas-congestion-trafico-espana-4998349>

9.2 Capítol 2

9.2.1 Fonts bibliogràfiques

4icom Steer Davies Gleave (2015). Study on “State of the Art of Electronic Road Tolling” MOVE/D3/2014-259. Comisió Europea. Direcció general per Mobilitat i Transport. Direcció D: Logística, transport marítim i terrestre i drets dels passatgers.

Benko, M. & Smith, L. (2008). Congestion Pricing: What is It? *Community Transportation*, 26 (2), 16-20, ISSN: 0895-4437.

Bigas, J.M., Sastre, J., Noy, P., Zaragoza, A., Sánchez-Direitinho, E., Rocci, S.,...Huerta, J. (2006). *El peaje urbano: un posible instrumento para la movilidad sostenible en nuestras ciudades* (1ª ed.). Madrid: Cyan, S.A.

Börjesson, M., Eliasson, J., Hugosson, M. B., & Brundell-Freij, K. (2012). *The Stockholm congestion charges—5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt*. Transport Policy (Vol. 20, p. 1–12).

Cervero, R. (1998). *The transit metropolis. A global enquiry* (4ª edició). Washington, DC: Island Press.

Commin, H. (2009). *The Congestion Charging Schemes of London and Singapore: Why Did London Choose Different Technology, and Was this a Mistake?* Dissertació de la tesi doctoral. Imperial College London.

Deloitte (2014). Road Charging Options Study: Scheme Design and Costing. Review of the Operational and Business Requirements of a Road Charging Scheme. Auckland Council.

Dionori, F., Gómez, J., Frisoni, R., Orozco, L., Manzi, L.,..., Vasallo, J.M. (2014). TECHNOLOGY OPTIONS FOR THE EUROPEAN ELECTRONIC TOLL SERVICE STUDY. Parlament Europeu: Direcció general per polítiques internes. Departament B: Polítiques estructurals i de cohesió. Transport i turisme.

Durakovic, E. & Swahn, L. E. (2014). *Cost-benefit analysis of the congestion charge in Gothenburg*. Projecte final de Grau. School of Business, Economics and Law. University of Gothenburg.

Eberline, A. (2008). *Cost/Benefit Analysis of Electronic License Plates*. Arizona Department of Transportation en cooperació amb U.S. Department of Transportation i Federal Highway Administration.

Hau, T.D. (1990). Electronic Road Pricing. Developments in Hong Kong 1983-89. *Journal of Transport Economics and Policy*, 24 (2), 203-214.

IBI Group (2006). *Background Paper #8: Toll Technology Considerations, Opportunities, and Risks*. Washington State Comprehensive Tolling Study.

Meland, S., Tretvik, T. & Welde, M. (2010). *The effects of removing the Trondheim toll cordon*. *Transport Policy* (Vol. 17, p. 475-485).

Murray, P. (2012). Congestion pricing for roads: An overview of current best practice, and the economic and transport benefits for government. *Public Infrastructure Bulletin* (Vol. 1: Iss. 8, Article 8).

OECD (2010). Implementing Congestion Charges – Round table 147. Transport Research Centre. International Transport Forum.

Olszewski, P. S. & Xie, L. (2005). *Modelling the Effects of Road Pricing on Traffic in Singapore*. *Transportation Research Part A Policy and Practice* (Vol. 39, p. 755-772).

Pike, E. (2010). *Congestion Charging: Challenges and Opportunities*. The International Council on Clean Transportation.

Pozueta, J. (2008). *La experiencia internacional en peajes urbanos*. Universidad Politécnica de Madrid. Ciur 58, Cuadernos de Investigación Urbanística.

Small, Kenneth A., Gomez-Ibañez, J.A. (1998). Road Pricing for Congestion Management: The Transition from Theory to Policy. En Button, K., Verhoet, E. (Eds.), *Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment Issues of Efficiency and Social Feasibility* (1^a ed., p. 213-246). Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd.

TfL (2008). *Demand Elasticities for Car Trips to Central London*. Disponible a: <http://content.tfl.gov.uk/demand-elasticities-for-car-trips-to-central-london.pdf>

Van Amelsfort, D. (2015). *Introduction to Congestion Charging. A Guide for Practitioners in Developing Cities*. Asian Development Bank (ADB), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Disponible a: <http://www.adb.org/publications/introduction-congestion-charging-guide-practitioners-developing-cities>

9.2.2 Pàgines web i altres fonts de consulta

Di Ciommo, F., García, F., Monzón, A., Valdés, C. (2012). *Simulación de un peaje urbano en la Ciudad de Madrid*. Disponible a: http://oa.upm.es/20062/1/INVE_MEM_2012_143116.pdf [Consulta realitzada al Febrer de 2016].

Moveiter. (2013). *Externalidades del transporte terrestre 1/6: la congestión del tráfico en las carreteras*. Disponible a: <http://www.moveiter.com/2013/08/retenciones-de-trafico.html> [Consulta realitzada al Febrer de 2016].

RACC (2016a). *Auditories de mobilitat. La congestió en els corredors d'accés a Barcelona*. Disponible a: http://imagenes.w3.racc.es/uploads/file/69523_Congestio_accessosBCN_2016_AUDIT.pdf?_ga=1.96817307.52562212.1475513844

Urban access regulations in Europe (2015). *Urban Road Toll Schemes*. Disponible a: <http://urbanaccessregulations.eu/urban-road-charging-schemes/what-are-urban-road-tolls> [Consulta realitzada al Febrer de 2016].

Victoria Transport Policy Institute (1992). *Principles of Efficient Congestion Pricing*. William Vickrey. Disponible a: <http://www.vtpi.org/vickrey.htm>. [Consulta realitzada al Febrer de 2016].

9.3 Capítol 3

9.3.1 Fonts bibliogràfiques

Caro, P. (2017). Los coches contaminantes ya no podrán circular por Barcelona en días de alta polución. *20 Minutos*. Disponible a: <http://www.20minutos.es/noticia/2947914/0/prohiben-circular-coches-contaminantes-en-dias-alta-contaminacion-barcelona-amb-area-metropolitana/#xtor=AD-15&xts=467263>

Muñoz, T. (2016). Los accesos a Barcelona, al borde del col·lapso. *La Vanguardia*. Disponible a: <http://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20160927/41610128904/accesos-barcelona-colapso.html>

U.S .General Accounting Office (1989) "Traffic Congestion - Trends, Measures, and Effects, Report Number". Disponible a: <http://www.gao.gov/assets/150/148456.pdf>

9.3.2 Pàgines web i altres fonts de consulta

Àrea Metropolitana de Barcelona (2017). *Conèixer l'àrea metropolitana. Activitat econòmica*. Disponible a: <http://www.amb.cat/web/area-metropolitana/coneixer-l-area-metropolitana/activitat-economica> [Consulta realitzada al Gener de 2017].

Autoritat del Transport Metropolità (ATM) (2017). *Transports*. Disponible a: <http://www.amb.cat/web/territori/infraestructures-metropolitanes/sobre-infraestructures/transports> [Consulta realitzada al Gener de 2017].

Autoritat del Transport Metropolità (ATM), Ajuntament de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i l'Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà (AMTU) (2016 a). *EMEF 2015. La mobilitat a l'àmbit del sistema tarifari integrat de l'àrea de Barcelona*. Disponible a: http://observatori.atm.cat/enquestes-de-mobilitat/Enquestes_ambit_ATM/EMEF/2015/Publicacio/Publicacio_EMEF_2015.pdf.

Autoritat del Transport Metropolità (ATM), Ajuntament de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i l'Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà (AMTU) (2016 b). *EMEF 2015. La mobilitat a Barcelona*. Disponible a: http://observatori.atm.cat/enquestes-de-mobilitat/Enquestes_ambit_ATM/EMEF/2015/Informes/EMEF_2015_Informe_Barcelona.pdf

Departament de Territori i Sostenibilitat (2015 a). *Treballant per un aire net a l'aglomeració de Barcelona*. Disponible a: http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/oficina_tecnica_de_plans_de_millora/pla_millora_qua_aire_2011_2015/Aire_net_2a_ed.pdf

Departament de Territori i Sostenibilitat (2015 b). *Pla d'Actuació per la Millora de la Qualitat de l'Aire a les Zones de Protecció Especial de l'Entorn Atmosfèric (PMQA)*. Disponible a: http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/oficina_tecnica_de_plans_de_millora/enllacos/presentacio_del_pmqa.pdf

Instituto Nacional de Estadística (2017). *Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero*. Disponible a: <http://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=2911&L=0> [Consulta realitzada al Gener de 2017].

RACC (2016 a). *Auditories de mobilitat. La congestió en els corredors d'accés a Barcelona*. Disponible a: http://imagenes.w3.racc.es/uploads/file/69523_Congestio_accessosBCN_2016_AUDIT.pdf?_ga=1.96817307.52562212.1475513844.

RACC (2016 b). *La congestió als corredors viaris d'accés a la ciutat de Barcelona – Sala de Premsa*. Disponible a: <http://saladeprensa.racc.cat/wp-content/uploads/2016/09/dp-estudi-congestio-accesos-a-barcelona-2006-2016-ok.pdf>

Regidoria de Mobilitat, Ajuntament de Barcelona (Setembre de 2016). *Dades bàsiques de mobilitat 2015*. Disponible a: http://mobilitat.ajuntament.barcelona.cat/sites/qdefault/files/DB_2015.pdf.

9.4 Capítol 4

9.4.1 Fonts bibliogràfiques

Berube, A., Leal, J., Parilla, J. & Ran, T. (2015). *Global MetroMonitor 2014: An Uncertain Recovery*. The Brookings Institution, Washington DC, Estats Units. Disponible a: https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2015/01/bmpp_gmm_final.pdf

Di, P. (2013). *Key Transport Statistics of World Cities*. Land Transport Authority (LTA), Singapur. Disponible a: https://www.lta.gov.sg/ltaacademy/doc/13Sep105-Pan_KeyTransportStatistics.pdf

Newbery, D. & Santos, G. (2001). Urban congestion charging: theory, practice and environmental consequences. Department of Applied Economics, University of Cambridge, Cambridge, Regne Unit.

Vargas, V. (21 de Novembre de 2016). Un milió de cotxes no podran circular per BCN a partir del 2020 per ser molt contaminants. *El Periódico*. Disponible a: <http://www.elperiodico.cat/ca/noticias/barcelona/barcelona-prohibira-circulacio-cotxes-mes-contaminants-2020-5642173>

Vicens, L. (6 de Març de 2017). CIMERA PER LA QUALITAT DE L'AIRE: Els vehicles de més de 20 anys no podran circular per l'àrea de Barcelona a partir de l'1 de gener del 2019. *Ara*. Disponible a: http://www.ara.cat/societat/vehicles-contaminants-circular-municipis-metropolitana_0_1754224655.html

9.4.2 Pàgines web i altres fonts de consulta

Ajuntament de Barcelona (2016 a). Estadística: 1. Antiguitat dels vehicles. Any 2015. Disponible a: <http://www.bcn.cat/estadistica/catala/dades/economia/vehicles/a2015/ant/anttip.htm>

Ajuntament de Barcelona (2016 b). Dades bàsiques de mobilitat 2015. Disponible a: http://mobilitat.ajuntament.barcelona.cat/sites/default/files/DB_2015.pdf

RACC (2016). Auditories de mobilitat. La congestió en els corredors d'accés a Barcelona. Disponible a: http://imagenes.w3.racc.es/uploads/file/69523_Congestio_accessosBCN_2016_AUDIT.pdf?_ga=1.96817307.52562212.1475513844

9.5 Capítol 5

9.5.1 Fonts bibliogràfiques

Croci, E. & Douvan, A.R. (2016). Urban Road Pricing: A Comparative Study on the Experiences of London, Stockholm and Milan. Working Paper n. 85 a Working Paper Series - ISSN 1973-0381. IEFÉ - The Center for Research on Energy and Environmental Economics and Policy at Bocconi University, Milano, Itàlia.

Eliasson, J. (2014). The Stockholm congestion charges: an overview. Centre for Transport Studies, Estocolm, Suècia.

Liz Fuentes, A. (2015). *Estudio de las consecuencias y los costes económicos del peaje urbano de Londres (Tesina)*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Mcrit (2010). *Guia per l'avaluació de projectes de transport*. Col·legi de Camins, Canals i Ports de Barcelona.

SENER (2015). *Seguiment i actualització dels costos socials i ambientals de la mobilitat a la regió metropolitana de Barcelona per a l'any 2012*. Elaborat per a l'ATM.

9.5.2 Pàgines web i altres fonts de consulta

Autoritat del Transport Metropolità (ATM), Ajuntament de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i l'Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà (AMTU) (2015). *EMEF 2014. La mobilitat a Barcelona*. Disponible a: http://observatori.atm.cat/enquestes-demobilitat/Enquestes_ambit_ATM/EMEF/Anys_anteriors/2014/Informes/EMEF_2014_Informe_Barcelona.pdf

Autoritat del Transport Metropolità (ATM), Ajuntament de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i l'Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà (AMTU) (2016 a). *EMEF 2015. La mobilitat a l'àmbit del sistema tarifari integrat de l'àrea de Barcelona*. Disponible a: http://observatori.atm.cat/enquestes-demobilitat/Enquestes_ambit_ATM/EMEF/2015/Publicacio/Publicacio_EMEF_2015.pdf.

Autoritat del Transport Metropolità (ATM), Ajuntament de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i l'Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà (AMTU) (2016 b). *EMEF 2015. La mobilitat a Barcelona*. Disponible a: http://observatori.atm.cat/enquestes-demobilitat/Enquestes_ambit_ATM/EMEF/2015/Informes/EMEF_2015_Informe_Barcelona.pdf.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2016). *Precios de carburantes y combustibles. Comparación 2015-2014*. Disponible en: <http://www.minetad.gob.es/energia/petroleo/Precios/Informes/InformesAnuales/InformesAnuales/informe-anual-precios-carburantes-2015.pdf>

RACC (2016). *La congestió als corredors viaris d'accés a la ciutat de Barcelona – Sala de Premsa*. Disponible a: <http://saladeprensa.racc.cat/wp-content/uploads/2016/09/dp-estudi-congestio-accesos-a-barcelona-2006-2016-ok.pdf>

Regidoria de Mobilitat, Ajuntament de Barcelona (2015). *Dades bàsiques de mobilitat 2014*. Disponible a: http://mobilitat.ajuntament.barcelona.cat/sites/qdefault/files/DB_2014.pdf

Regidoria de Mobilitat, Ajuntament de Barcelona (2016). Dades bàsiques de mobilitat 2015. Disponible a: http://mobilitat.ajuntament.barcelona.cat/sites/qdefault/files/DB_2015.pdf

The World Bank Group (2016). *GDP deflator (base year varies by country)*. Disponible a: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.DEFL.ZS?end=2015&locations=ES&start=2010> [Consulta realitzada al Març de 2017]

9.6 Capítol 6

9.6.1 Fonts bibliogràfiques

Ahetze, S., Gragera, A. & Saurí, S. (2015). Definició del sistema d'avaluació d'inversions en infraestructures de transport del Departament de Territori i Sostenibilitat. Fase 1: Principals actuacions viàries i actuacions ferroviàries interurbanes. Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat Terrestre. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya.

Borrell Terribas, A. (2014). Costos, Ingresos i modalitats d'Implantació d'una taxa a les autovies espanyoles. Tesina de llicenciatura. Tutor: Àlvar Garola Crespo. Universitat Politècnica de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona - Enginyeria de Camins, Canals i Ports

Direcció General de Política Regional i Urbana (2015). Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. Unió Europea.

Mcrit (2010). GUIA PER A L'AVALUACIÓ DE PROJECTES DE TRANSPORT.

9.6.2 Pàgines web i altres fonts de consulta

Autoritat del Transport Metropolità (ATM) (2016 a). *Memòria 2015*. Disponible a: <http://doc.atm.cat/ca/memoria2015.pdf>

Autoritat del Transport Metropolità (ATM) (2016 b). *Seguiment de la demanda. Tancament 2015*. Disponible a: http://observatori.atm.cat/seguiment-de-la-demanda/2015/Seguiment_demanda_tancament_2015.pdf

Autoritat del Transport Metropolità (ATM) (2017). *Resum finançament del sistema a l'ATM de Barcelona*. Disponible a: http://observatori.atm.cat/financament-del-sistema/Resum_finan%C3%A7ament_sistema_ATM_Barcelona.pdf

Autoritat del Transport Metropolità (ATM), Ajuntament de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i l'Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà (AMTU) (2016 a). *EMEF 2015. La mobilitat a l'àmbit del sistema tarifari integrat de l'àrea de Barcelona*. Disponible a: http://observatori.atm.cat/enquestes-de-mobilitat/Enquestes_ambit_ATM/EMEF/2015/Publicacio/Publicacio_EMEF_2015.pdf

Autoritat del Transport Metropolità (ATM), Ajuntament de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) i l'Associació de Municipis per la Mobilitat i el Transport Urbà (AMTU) (2016 b). *EMEF 2015. La mobilitat a l'àmbit del sistema tarifari integrat de l'àrea de Barcelona*. Disponible a: http://observatori.atm.cat/enquestes-de-mobilitat/Enquestes_ambit_ATM/EMEF/2015/Publicacio/Publicacio_EMEF_2015.pdf.

Comissió Europea (2017). *Beneficiaries of European Union Cohesion Policy*. Disponible a: http://ec.europa.eu/regional_policy/en/atlas/beneficiaries/ [Consulta realitzada al Juny de 2017]

Idescat (2017 a). *Enquesta trimestral de cost laboral*. Disponible a: <http://www.idescat.cat/treball/etcl?tc=1&id=c52&dt=20154> [Consulta realitzada al Març de 2017]

Idescat (2017 b). *Renda mitjana neta anual de les llars*. Disponible a: <https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=414> [Consulta realitzada al Juny de 2017]

9.7 Capítol 7

9.7.1 Fonts bibliogràfiques

Van Amelsfort, D. (2015). *Introduction to Congestion Charging. A Guide for Practitioners in Developing Cities*. Asian Development Bank (ADB), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Disponible a: <http://www.adb.org/publications/introduction-congestion-charging-guide-practitioners-developing-cities>

9.7.2 Pàgines web i altres fonts de consulta

Departamento de Ingeniería Mecánica (2008). *Ingeniería del tráfico. Parámetros fundamentales* [Apunts acadèmics]. Escuela Politécnica Superior Universidad Carlos III de Madrid, Madrid. Disponible a: http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/ingenieria_trafico.pdf