

Els models de tarifes per congestió a autopistes USA.
La seva aplicació al cas espanyol
(722-TES-CA-3358)

Laura Soberano Domènech

(Maig 2009)

Resum

L'imparable creixement del parc automobilístic mundial i l'ús poc eficient que es fa del vehicle privat, sobretot als països desenvolupats, fan del sistema de mobilitat adoptat actualment un greu problema mediambiental. La problemàtica s'agreuja especialment a les capitals, on els corredors d'accés als nuclis urbans acostumen a presentar greus problemes de congestió. És més, s'ha vist que aquesta tendència s'està reproduint a les petites i mitjanes àrees metropolitanes, on actualment les taxes de creixement de congestió són majors.

Diversos països han començat a prendre mesures al respecte, intentant actuar sobre la demanda en comptes de fer-ho sobre l'oferta com s'ha fet històricament. Això vol dir mirar d'aprofitar al màxim la capacitat existent a les infraestructures potenciant un ús més racional del vehicle privat en comptes de construir nous carrils.

Amb aquest objectiu va aparèixer el concepte de *peatge de congestió*, també conegut com *value pricing*, terme de màrqueting que vol emfatitzar els beneficis que els conductors poden obtenir en forma de reducció de la congestió. Existeixen quatre modalitats actualment en pràctica al món: els carrils de peatge variable, també anomenats Express lanes o HOT lanes, els peatges variables dins d'una infraestructura de peatge, el peatge d'accés a una àrea determinada dins de la ciutat i els peatges per desplaçament.

Després de descriure en què consisteix cadascun d'aquests peatges de congestió i presentar alguns exemples d'aplicació es centra l'atenció en els carrils de peatge variable. S'exposa tot el procés d'implantació, des de la detecció de l'aplicabilitat a la planificació, procés d'informació a la població, disseny i funcionament de la infraestructura, així com els problemes legals amb què es pot trobar.

Posteriorment s'estudia el cas particular de la primera infraestructura d'aquest tipus apareguda al món: els Express Lanes de la SR-91, a l'estat americà de Califòrnia. Es descriu la situació prèvia a la seva implantació, el disseny adoptat, l'evolució dels peatges i el trànsit associat i els sistemes de cobrament del peatge i de vigilància del compliment dels requeriments d'ocupació. També s'exposen els resultats observats pel que respecta als grups de població que empren la infraestructura, els motius d'elecció que declaren i quina influència ha tingut l'aparició d'aquest sistema de gestió sobre la resta del corredor.

Finalment s'analitzen les equivalències entre el cas americà i la situació que es dona als accessos a Barcelona. S'explica en què consistiran els futurs carrils BUS-VAO de la C-58 i es fa una proposta de gestió d'aquests. S'analitzen els resultats aconseguits amb aquesta gestió i es comparen amb la no actuació. Després es consideren altres escenaris, com augmentar els requeriments d'ocupació dels vehicles que tenen accés als nous carrils, implantar una gestió HOT dels dos nous carrils i finalment considerar l'opció d'obrir la infraestructura a qualsevol tipus de vehicles.

Per a tots aquests escenaris es fa una avaluació del cost que la congestió comporta als usuaris del corredor, tant si són usuaris de la nova infraestructura com si no hi tenen accés. Aquest cost es mesura en hores perdudes en congestió i en despesa econòmica suportada per cada usuari. De la comparació dels costos de cada escenari amb l'alternativa de no actuar sobre el corredor s'arriba a la conclusió que els carrils BUS-VAO no són la millor opció possible.

Abstract

The unstoppable worldwide motorisation rate's growth added to the low efficient use of passenger cars, especially in developed countries, state that current mobility system is a serious environmental problem. The problem becomes harder in capitals, where it is usual to suffer serious congestion in main access corridors. Moreover, this trend is being registered in small and medium-sized metropolitan areas, where present congestion rates are higher.

Several countries have started to take steps on the subject, trying not to act on the demand, but on the supply. This is, attempt to make the most of current infrastructure capacities by means of a sensible and rational use of passenger cars, instead of building new lanes.

Congestion pricing, also known as *value pricing*, appeared as a measure to reach this aim. Nowadays four kinds of congestion pricing are running around the world: Express Lanes or HOT Lanes, Variable Road Toll, Cordon Toll and Distance-Based Fees.

Firstly there is a description of each kind of congestion pricing and the corresponding application examples to finally focus on the HOT Lanes experiences. The whole implementation system is displayed, from the planning to the civic information process, the design, how it works and the most common legal problems it may encounter.

Secondly the first HOT Lane implementation in the world has been under study: the SR91 Express Lanes, in California. The situation before its opening has been described, the main design features, the toll system and traffic evolution besides the toll charge and surveillance systems. As well as the civic participation, the main declared reasons to choose it and how the new infrastructure has affected the rest of corridor's means of transport are all key points shown in this section.

Finally the resemblances between the American case and the situation lived in Barcelona have been analyzed. It is told what the future C-58 BUS-HOV lanes will consist of and an operation proposal is given. Then a comparison between the results obtained with this proposal and the case of no-intervention has been done. Lastly other cases are suggested, such as the rise of occupancy requirements for passenger cars wishing to access the new infrastructure, the implementation of a HOT management of the two new reversible lanes or allow a free entry to all kind of vehicles, regardless of the number of occupants.

An evaluation of congestion costs is done for every case, not only for the new infrastructure users but also for those who cannot gain access to it. These costs are estimated both economically and by number of hours lost in congestion. It is easy to deduce the better efficiency achieved with the implementation of HOT lanes from the comparison of results obtained in each case, instead of a management by HOV lanes.

Índex

Capítol 1. Introducció i Objectius	1
1. 1 Introducció.....	1
1. 2 Objectius.....	1
Capítol 2. Congestion/Value Pricing: Els peatges de congestió.....	3
2. 1 Introducció.....	3
2. 2 Costos de la congestió	4
2. 3 Causes de la congestió	5
2. 4 El concepte "PEATGE DE CONGESTIÓ"	5
2. 5 Carrils de peatge variable	6
2. 6 Peatge variable en una infraestructura.....	9
2. 7 Peatge d'entrada i circulació per una àrea	10
2. 8 Peatge per desplaçament.....	13
2. 9 Alternatives.....	15
2. 10 Síntesi	17
Capítol 3. HOT/Express Lanes: els carrils de peatge variable	19
3. 1 Introducció.....	19
3. 2 Estratègies de gestió d'un HOT lane	19
3. 3 Planificació i implementació	20
3. 4 Marc organitzatiu en projectes HOT lane.....	23
Capítol 4. Anàlisi d'un cas americà: State Route 91.....	27
4. 1 Introducció.....	27
4. 2 Finançament i implementació.....	28
4. 3 Funcionament	30
4. 4 Estudi dels resultats obtinguts	32
4. 5 Conclusions	38
Capítol 5. Aplicació a Barcelona	39
5. 1 El cas de Barcelona.....	39
5. 2 El futur carril BUS-VAO a Barcelona.....	41

Capítol 6. Metodologia de treball.....	49
6.1 Objectiu i eines	49
6.2 Disponibilitat de dades i documentació	49
6.3 Procediment seguit	50
Capítol 7. Resultats obtinguts.....	63
7.1 Introducció.....	63
7.2 Anàlisi dels escenaris.....	64
7.3 Resum.....	84
Capítol 8. Conclusions.....	87
Referències Bibliogràfiques	89
Altra bibliografia de consulta.....	90
Agraïments.....	91
ANNEX 1. Anàlisi Qualitativa. Resultats Obtinguts.....	93
ANNEX 2. Anàlisi Quantitativa. Resultats Obtinguts.....	113
ANNEX 3. Aspectes Tècnics i Tecnològics de les Infraestructures HOT/Express Lanes	121

Índex de Taules

Taula 2. 1	Llistat de HOT/ Express lanes als EUA
Taula 2. 2	Infraestructures de peatge variable a França
Taula 2. 3	Principals peatges de circulació en una àrea
Taula 2. 4	Peatges de congestió
Taula 3. 1	Rols i responsabilitats en un projecte HOT lane
Taula 4. 1	Ingressos i Despeses anuals de la CPTC
Taula 5.1	Accessos i sortides de Barcelona
Taula 6. 1	NdS en funció de la Densitat equivalent
Taula 6. 2	Factors d’Hora Punta a la C-58
Taula 6. 3	Ocupació mitjana dels vehicles als Túnel de Vallvidrera
Taula 6. 4	Factors d’Hora Punta als carrils BUS-VAO+2
Taula 6. 5	Percentatge de vehicles disposats a pagar peatge per un estalvi de temps d’1 minut
Taula 6. 6	Percentatge de vehicles disposats a pagar peatge per un estalvi de temps de 5 minuts
Taula 7. 1	Previsió de costos de la congestió de la C-58 l’any 2012
Taula 7. 2	Règim de funcionament proposat per als carrils BUS-VAO
Taula 7. 3	Ocupació mitjana dels vehicles a la Meridiana. Any 2002
Taula 7. 4	Percentatge de vehicles amb una ocupació determinada
Taula 7. 5	Nivells de Servei registrats als carrils BUS-VAO+2 i als carrils convencionals de la C-58. Sentit sortida de Barcelona
Taula 7. 6	Nivells de Servei registrats als carrils BUS-VAO+2 i als carrils convencionals de la C-58. Sentit entrada a Barcelona
Taula 7. 7	Costos de la congestió amb carrils BUS – VAO+2
Taula 7. 8	Estalvi en hores i en Euros pels usuaris del corredor (gestió VAO+2)
Taula 7. 9	Nivells de Servei registrats als carrils BUS-VAO+3 i als carrils convencionals de la C-58. Sentit sortida de Barcelona
Taula 7. 10	Nivells de Servei registrats als carrils BUS-VAO+3 i als carrils convencionals de la C-58. Sentit entrada a Barcelona
Taula 7. 11	Costos de la congestió amb carrils BUS – VAO+3
Taula 7. 12	Estalvi en hores i en Euros pels usuaris del corredor (gestió VAO+3)

Taula 7. 13	Percentatge de vehicles disposats a pagar peatge per un estalvi de temps d'1 minut
Taula 7. 14	Percentatge de vehicles disposats a pagar peatge per un estalvi de temps de 5 minuts
Taula 7. 15	Nivells de Servei registrats als nous carrils i als carrils convencionals de la C-58. Sentit sortida de Barcelona
Taula 7. 16	Nivells de Servei registrats als nous carrils i als carrils convencionals de la C-58. Sentit entrada a Barcelona
Taula 7. 17	Costos de la congestió amb tres+dos carrils a la C-58
Taula 7. 18	Estalvi en hores i en Euros pels usuaris del corredor
Taula A. 1	Secció tipus d'un HOT lane

Índex de Figures

- Figura 2. 1 Índex de motorització mundial
- Figura 2. 2 Distribució del cost total de la congestió
- Figura 2. 3 Express Toll Lane a la Interstate I-15 de San Diego (Califòrnia)
- Figura 2. 4 Elements constituents del peatge d'entrada i circulació per Londres, d'esquerra a dreta: senyalització horitzontal i vertical, sistema de cobrament electrònic i sistema de vigilància
- Figura 2. 5 Sistema de peatges durant els mesos de prova a Estocolm, de Gener a Juliol de 2006
- Figura 2. 6 Zona de cobrament electrònic del peatge d'entrada a la ciutat de Singapur
- Figura 4. 1 Ubicació dels Express Lanes de la SR 91
- Figura 4.2 Vista dels "91 Express Lanes", separats de la resta per pilons de plàstic
- Figura 4. 3 Vista de les infraestructures de la zona
- Figura 4. 4 Taula de peatges als Express Lanes de la SR91
- Figura 4.5 Cobrament electrònic de peatges als Express Lanes de la SR 91
- Figura 4. 6 Volum de trànsit a la SR91 en funció de l'hora. Sentit Eastbound
- Figura 4.7 Volum de trànsit a la SR91 en funció de l'hora. Sentit Eastbound
- Figura 4.8 Volum de trànsit als Express Lanes segons l'hora del dia. Sentit Eastbound
- Figura 4.9 Volum de trànsit als Express Lanes segons hora del dia. Sentit Westbound
- Figura 4.10 Tendència de la IMD dels Express Lanes en un dia feiner
- Figura 4. 11 Evolució de la IMD dels dies festius als Express Lanes de la SR 91
- Figura 4. 12 Temps mitjà de recorregut segons l'hora a la SR 91 en sentit Eastbound
- Figura 5.1 Fluxos intercomarcals de la RMB. Any 2007
- Figura 5. 2 IMD xarxa viària de Catalunya. Any 2001
- Figura 5. 3 Accessos als carrils BUS-VAO des de la Meridiana.
- Figura 5. 4 Accessos als carrils BUS-VAO des del Nus de Ripollet
- Figura 5. 5 Estructura d'accés als carrils BUS-VAO al Nus de Ripollet
- Figura 5. 6 Tram en viaducte dels carrils BUS-VAO.
- Figura 5.7 Pèrgola entre el viaducte BUS-VAO i els accessos de la Meridiana
- Figura 6. 1 Tramificació de la C-58 en PKs.

- Figura 6. 2 Velocitat de circulació i nivell de servei associats a una IPE
- Figura 7. 1 Nivells de Servei a la C-58 l'any 2012. Hora: de 8h a 9h
- Figura 7. 2 Nivells de Servei a la C-58 l'any 2012. Hora: de 13h a 14h
- Figura 7. 3 Nivells de Servei a la C-58 l'any 2012. Hora: de 17h a 18h
- Figura 7. 4 Nivells de Servei a la C-58 l'any 2012. Hora: de 20h a 21h
- Figura 7. 5 Cost diari de la congestió en hores associat a cada tipologia de carril HOT
- Figura 7. 6 Cost diari de la congestió en Euros associat a cada tipologia de carril HOT
- Figura 7. 7 Estalvi diari en hores associat a cada tipologia de carril HOT
- Figura 7. 8 Estalvi diari de cost de congestió associat a cada tipologia de carril HOT
- Figura 7. 10 NdS a la C-58 (HOT+2). Sentit sortida
- Figura 7. 11 NdS a la C-58 (HOT+2). Sentit entrada
- Figura 7. 12 NdS als carrils HOT+3
- Figura 7. 13 NdS a la C-58 (HOT+3). Sentit sortida
- Figura 7. 14 NdS a la C-58 (HOT+3). Sentit entrada
- Figura 7. 15 Costos de congestió anuals en hores dels diferents models de gestió
- Figura 7. 16 Costos de congestió anuals en Euros dels diferents models de gestió
- Figura A. 1 HOT lane reversible situat a la mediana. Secció tipus (KATY FREEWAY)
- Figura A. 2 HOT lanes reversibles situats a la mediana. Secció tipus (I-15)
- Figura A. 3 HOT lane de dos carrils per sentit. Secció tipus (SR91)
- Figura A. 4 Dimensions dels accessos a nivell al HOT lane

Capítol 1. Introducció i Objectius

1.1 INTRODUCCIÓ

Cada dia es fa més evident la insostenibilitat del sistema de mobilitat adoptat actualment als països desenvolupats. L'imparable creixement del volum de vehicles en circulació i l'ús que se'n fa, majoritàriament com a mode de transport unipersonal, sumat a la poca regulació de les emissions permeses i la irrompible inèrcia a seguir emprant combustibles fòssils, fa d'aquest mode de transport un greu problema mediambiental. I no només això, en moltes ciutats s'ha convertit en el causant d'importants pèrdues de temps i la producció associada. O simplement en un degradant de la qualitat de vida a les ciutats, ja que els habitants d'aquestes han de compartir un espai molt reduït amb els vehicles i patir la contaminació acústica i els problemes de salut que provoquen.

Les administracions s'han adonat del problema i cada cop adopten més mesures de cara a potenciar un ús més racional i sostenible del vehicle privat. En són exemples el fet que a l'estat espanyol s'apliquen descomptes als compradors de vehicles més eficients o híbrids o se'ls eximeix de pagar els impostos de matriculació com a mesura per afavorir l'ús d'aquest tipus de vehicles. Un altre exemple és la col·laboració entre Tabasa, concessionària dels Túnel de Vallvidrera, i el CENIT, Centre d'Innovació del Transport, en una prova pilot que pretén detectar el nombre d'ocupants dins dels vehicles que entren aquesta infraestructura mitjançant sistemes tèrmics. L'objectiu és que en un futur s'apliquin descomptes als vehicles amb més d'un ocupant i potenciar d'aquesta manera el *carsharing* o *carpooling*.

Una altra de les mesures adoptades, i objecte d'estudi d'aquesta tesina, és la construcció de dos carrils reversibles d'alta ocupació a l'accés a Barcelona a través de la C-58 i la Meridiana. Amb aquesta actuació es vol incentivar als usuaris de vehicles privats a compartir els seu mode de transport amb més persones i optimitzar d'aquesta manera l'ús que es fa del vehicle privat, així com potenciar el transport públic. La compensació: un estalvi de temps que potser avui dia no és massa significatiu, però que d'aquí a uns anys i amb les taxes de creixement del nombre de vehicles en circulació es pot veure incrementat de forma considerable.

Però el model de gestió proposat per aquests nous carrils és el més eficient i socialment beneficiós? Amb aquest dubte en ment i mirant d'optimitzar l'ús que es farà de la capacitat de la nova infraestructura es plantegen diferents escenaris, s'obtenen els costos associats a la congestió que es produirien en cadascun d'ells i finalment es comparen amb els costos de congestió associats a la no actuació sobre la C-58.

1.2 OBJECTIUS

És objecte d'aquesta tesina fer un recull bibliogràfic sobre les alternatives que s'han adoptat a diferents països per lluitar contra la problemàtica patida a les grans àrees metropolitanes. Bàsicament s'han recollit les mesures conegudes sota la categoria de

peatges o tarifes de congestió, explicant en què consisteix cadascuna d'elles així com alguns exemples d'aplicació.

Posteriorment s'estudia en detall la planificació, disseny, funcionament i aspectes legals i socials dels sistemes de gestió *HOT (High Occupancy Toll)* dels carrils d'una infraestructura, model aparegut als Estats Units d'Amèrica. També s'analitzen els resultats obtinguts a la primera infraestructura d'aquest tipus que va aparèixer al món, els *Express Lanes* de la State Route 91 al seu pas per Califòrnia.

Finalment, i objectiu principal de la tesina, s'avaluen els costos associats a la congestió que es preveuen als darrers set quilòmetres de l'Autopista del Vallès l'any de la posada en funcionament dels dos nous carrils d'alta ocupació reversibles actualment en execució. Aquests costos es calculen per a diferents escenaris: per a l'alternativa 0, en què no es fa cap actuació, per a l'escenari previst, carrils BUS/VAO amb ocupació mínima dels vehicles privats de dues o més persones, per a l'escenari resultant d'augmentar els requeriments d'ocupació fins a tres ocupants, per al cas d'implantar una gestió *HOT* dels nous carrils i per al cas de permetre l'accés de qualsevol vehicle als nous carrils.

Amb l'obtenció dels resultats de cada escenari es vol disposar d'una eina de judici per decidir quina és l'alternativa de gestió dels nous carrils més eficient, amb menor pèrdua de temps en congestió així com la que comporta menors costos als usuaris del corredor.

Capítol 2. Congestion/Value Pricing: Els peatges de congestió

2.1 INTRODUCCIÓ

Des de la seva creació l'any 1885 per l'enginyer alemany Karl Benz, i la fabricació a gran escala de vehicles assequibles per a la població per part d'Henry Ford, a partir de l'any 1914, el nombre de vehicles en circulació al món ha crescut de forma sorprenent.

Si bé l'any 1900 als EUA només existien 4.192 vehicles (els quals eren íntegrament cotxes), l'any 2004 aquest país comptava amb més de 243 milions de vehicles registrats, dels quals més de 136 milions -56,13% - eren cotxes¹. Europa tampoc es queda enrere: els 117,4 milions de vehicles registrats l'any 1981 han assolit els 203,3 milions de vehicles l'any 2005². Finalment, pel que fa al cas espanyol, s'ha passat dels 9,4 milions de vehicles registrats l'any 1981 als 25,8 milions el 2005, dels quals un 78% són cotxes³.

A partir de la població i del parc de vehicles d'un país es pot obtenir l'índex de motorització, el qual ens dona informació sobre el nombre de vehicles de passatge existents per cada 1.000 habitants i ens permet establir un mètode de comparació entre països. Així, l'any 2005 la Unió Europea tenia un índex de motorització de 476 vehicles de passatge/1.000 habitants, inferior als 777 dels EUA però superior al rati del Japó, de 335 vehicles de passatge/ 1.000 habitants (Campbell, 2007).

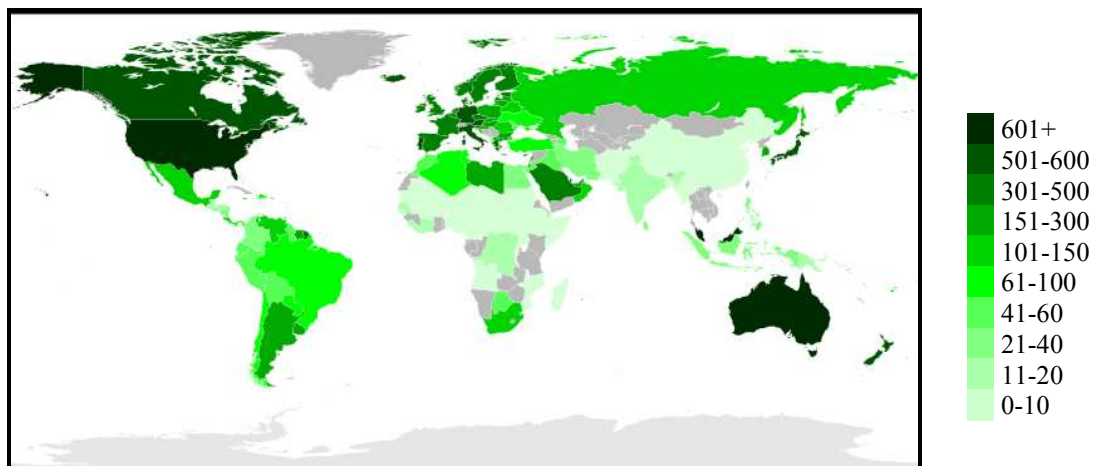


Figura 2. 1 Índex de motorització mundial

Font: Wikipedia, 2007

¹ Dades obtingudes a <http://www.bts.gov>

² Dades obtingudes a <http://ec.europa.eu/eurostat>

³ Dades obtingudes a <http://www.ine.es>

Aquest gran nombre de vehicles, sumat a l'hàbit dels països desenvolupats de constituir grans aglomeracions humanes on es concentren la majoria de llocs de treball i la necessitat de la població a accedir a aquests nuclis urbans a través d'un nombre limitat de corredors fa que siguin cada cop més habituals les congestions.

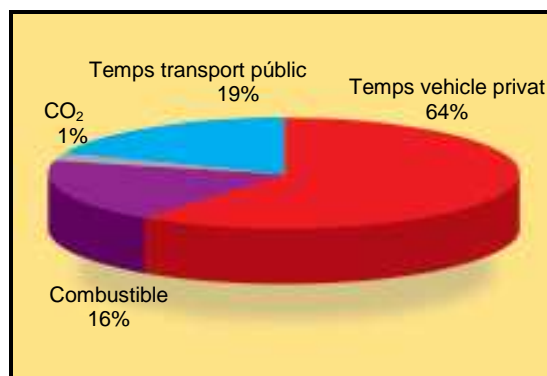
I aquesta tendència no només es dona a les grans àrees metropolitanes. Les congestions de trànsit també estan creixent ràpidament a les petites i mitjanes àrees metropolitanes. Si segueix la tendència actual, d'aquí a 10 anys les àrees metropolitanes de mida mitjana patiran congestions de magnitud igual o pitjor que les que avui dia pateixen les grans ciutats (FHWA, 2006). De fet, actualment les taxes de creixement de congestió són majors a les zones rurals que a les urbanes.

2.2 COSTOS DE LA CONGESTIÓ

Els costos que la congestió comporta als conductors són variis. L'any 2003, als EUA, la congestió patida a les 85 majors àrees urbanes va causar un retard total de 3.700 milions d'hores amb la corresponent despesa innecessària de 10.465 milions de litres de combustible, equivalent a un cost de 63.000 milions de dòlars. Tenint en compte les 10 àrees urbanes més congestionades dels EUA, cadascun dels conductors que circula durant hora punta "paga" en "taxes de congestió" entre 850 i 1.600 dòlars l'any en temps perdut i carburant, i passa a la carretera l'equivalent a, com a mínim, 8 dies l'any (FHWA, 2006).

Les mateixes dades s'han estudiat en el cas espanyol. La Fundació RACC va publicar el Novembre del 2007 un estudi sobre la congestió dels corredors d'entrada a la ciutat de Barcelona, obtenint un temps perdut en retencions de 26,2 milions d'hores l'any. Els costos de la congestió als accessos de Barcelona s'estimen en 384 milions d'euros l'any, on estan incloses les pèrdues de temps així com l'increment de consum de combustible i d'emissions de CO₂. Això comporta una despesa mitjana anual d'uns 275€ a cada usuari i l'equivalent a 12 minuts al dia a la carretera, que al cap d'un any representen 8 dies. Aquesta dada creix encara més si només es té en compte el període punta, on el temps mig que perd cada usuari és de 18 minuts al dia, que són 74 hores l'any, equivalents a 10 dies (Fundació RACC, 2007).

Tal i com es pot veure a la Figura 2. 2, en el cas dels accessos a Barcelona aquesta congestió provocada per un excés de demanda durant un interval curt de temps es manifesta en forma de temps perdut pels usuaris de la infraestructura (83% del cost), en consum de combustible (16% del cost) i en emissions de CO₂ (1% del cost).



Font: Fundació RACC

Figura 2. 2 Distribució del cost total de la congestió

Però com també es dedueix de la Figura 2. 2, els usuaris que es veuen afectats per un retard en el temps de trajecte no només són els creadors potencials de la congestió – aquells que condueixen un vehicle privat – sinó que també afecta als passatgers de modes de transport més eficients, el transport públic. I no només això, les emissions de CO₂ alliberades a l'atmosfera són respirades per tota la societat que comparteix aquell territori o àmbit i no només pels usuaris de la infraestructura. A més es dona la paradoxa que justament els conductors de vehicles privats, màxims exponents de la generació d'aquesta contaminació de l'aire, són els que menys respiren els gasos emesos, ja que realitzen la majoria dels desplaçaments tancats dins dels seus cotxes.

2.3 CAUSES DE LA CONGESTIÓ

La causa de la congestió de trànsit és la ineficàcia en la gestió de la capacitat. Tradicionalment, quan s'ha buscat una solució a l'excessiva demanda d'una infraestructura viària s'ha optat per la construcció d'un nou carril, oferint així més capacitat. Aquesta és una actuació sobre l'oferta.

El cost d'afegir un nou carril en una àrea urbana s'estima en uns 6 milions d'euros el quilòmetre (FHWA, 2006). Normalment el finançament de la nova infraestructura es fa a través dels impostos que els conductors paguen pel combustible i la matriculació del seu vehicle. Però aquesta recaptació de taxes és totalment insuficient. El preu ridícul que els conductors paguen en forma d'impost per l'ús de la nova i cara capacitat fomenta l'elevada demanda.

Això sumat al ja exposat creixement del parc de vehicles que es dona globalment fa que la capacitat de les infraestructures existents no pugui absorbir la contínua taxa de creixement de demanda, generant-se congestions en els corredors d'accés a zones urbanes.

2.4 EL CONCEPTE "PEATGE DE CONGESTIÓ"

Els *peatges de congestió*, traducció del terme anglès *congestion pricing*, són una mesura adoptada per tractar de reduir el volum de trànsit dels períodes punta fins un nivell òptim mitjançant la redistribució del trànsit en el temps i l'espai o incentivant un canvi modal de transport privat a públic, més eficient. També són coneguts sota el nom *value pricing*, terme de màrqueting que emfatitza en la possibilitat de beneficiar els conductors a través d'aquesta reducció de congestió.

Els *peatges de congestió* consisteixen en establir un sistema de peatges que varien segons la congestió existent a la infraestructura, on la tarifa més elevada s'aplica a les hores punta i els preus més assequibles s'assignen a les hores vall o properes a l'hora punta. Si d'aquesta manera s'aconsegueix desplaçar una petita fracció de la demanda el sistema serà capaç de d'oferir un millor servei.

En contraposició amb l'opció d'afegir un carril a la infraestructura, aquesta mesura intenta influir sobre la demanda, enfocament cada cop més estudiat donat el fort impacte ambiental i elevat cost que comporten les actuacions sobre l'oferta.

Principalment existeixen quatre tipus d'estratègies de peatge, depenent de la superfície afectada, les quals es discutiran amb detall:

1. Carrils de peatge variable: consisteixen en carrils dins d'una infraestructura dins dels quals s'apliquen peatges variables. Es coneixen com *Express Toll lanes* i *HOT lanes*.
2. Peatge variable en una infraestructura: sistema que s'aplica tant en carreteres com en ponts americans o en les hores punta d'autopistes gratuïtes.
3. Peatge d'entrada a una àrea: consisteixen en peatges de valor fix o variable per accedir i conduir dins d'una determinada àrea d'una ciutat.
4. Peatge per desplaçament: consisteix en imposar un recàrrec per quilòmetre recorregut dins d'una regió, el qual pot variar en funció del nivell de congestió o el tipus de vehicle.

Els economistes aposten per aquesta darrera estratègia com una forma eficient i equitativa de repartir els costos de les carreteres i de fomentar un ús també eficient de la mobilitat. I és que, sota el raonament econòmic, a cost zero la demanda d'un bé sempre superarà l'oferta i, per tant, cal trobar el preu que les equilibri.

L'aplicació d'un sistema de preus en funció del nivell de demanda que es faci d'un bé no és una estratègia exclusiva de les infraestructures viàries. També ha estat àmpliament emprat per les entitats gestores de béns públics com la telefonia o l'abastament elèctric, les quals imposen tarifes més elevades durant les hores punta per tal que no es col·lapsin les xarxes. I és que sovint no és rendible ni econòmicament sostenible dissenyar una xarxa només en funció dels nivells de demanda que es donen durant un curt període de temps.

2.5 CARRILS DE PEATGE VARIABLE

S'entén per carrils de peatge variable aquells carrils pertanyents a una infraestructura i separats de la resta per algun tipus de barrera – rígida o intangible – on existeix un sistema de peatges que no s'aplica als carrils adjacents.



Font: Metropolitan Transportation Commission

Figura 2.3 Express Toll Lane a la Interstate I-15 de San Diego (Califòrnia)

Això inclou els *Express Toll lanes* i els *HOT lanes*, acrònim de *High Occupancy Toll* que es pot traduir com peatge d'alta ocupació. Ambdues infraestructures són l'evolució

dels HOV lanes, acrònim de *High Occupancy Vehicle*, coneguts a Espanya com carrils VAO (Vehicle d'Alta Ocupació).

El funcionament d'aquests carrils consisteix en permetre l'accés només als autobusos, vehicles d'emergència i vehicles amb un nombre mínim d'ocupants de forma gratuïta o pagant una tarifa reduïda i aprofitar l'excés de capacitat oferint l'entrada a aquells conductors que viatgin sols o amb un nombre d'ocupants inferior a l'exigit però disposats a pagar el peatge corresponent. D'aquesta manera es crea una nova forma d'accedir al carril VAO: pagant el peatge.

La diferència entre un HOT lane i un Express Toll lane és que en aquest últim tots els vehicles privats han de pagar un peatge per l'ús de la infraestructura, fins i tot els vehicles d'alta ocupació (VAO), que tenen un preu reduït. Tot i així segueix existint l'incentiu per buscar companys de viatge per assolir l'ocupació mínima, ja que d'aquesta manera la tarifa a pagar es pot repartir entre tots els viatgers.

De moment aquests carrils només existeixen als EUA, on nombrosos *HOV lanes* han estat convertits en *HOT lanes* o *Express Toll lanes* perquè s'ha donat alguna de les següents situacions (FHWA, 2003):

- S'ha vist que una gestió segons el concepte de HOT lane pot optimitzar l'ús del nou carril creat sota el funcionament de carril VAO
- En aquells carrils VAO congestionats on l'increment dels requeriments d'ocupació de HOV+2 a HOV+3 allibera part de la capacitat, la qual serà emprada per part dels usuaris HOT
- En aquells carrils VAO infrautilitzats on els vehicles amb una ocupació inferior a l'exigida poden utilitzar l'excés de capacitat amb un nivell de servei garantit pel sistema de preus

De l'experiència americana s'ha comprovat que aquest tipus d'infraestructura és especialment atractiva als conductors de corredors amb elevades densitats de trànsit on existeixen un nombre limitat d'alternatives d'accedir-hi en transport col·lectiu o d'accessos paral·lels (FHWA, 2003).

També ha quedat demostrat empíricament que, tot i que és factible la instauració d'un sistema de gestió HOT a un carril VAO únic, és preferible la implementació HOT en aquelles infraestructures que disposen de més d'un carril per sentit.

Aquests carrils es poden reconèixer fàcilment pels rombes pintats al paviment, icona heretada dels HOV lanes que vol avisar als usuaris de la necessitat d'ocupació mínima dels vehicles.

APLICACIÓ DE HOT LANES / EXPRESS LANES

No existeix cap experiència d'implantació de HOT o Express lanes a Europa i el nombre d'infraestructures que disposen d'algun carril VAO (HOV lane) encara són escassos.

La primera experiència europea amb carrils d'alta ocupació (HOV lane) es va donar a l'A-1, autopista propera a Amsterdam, on l'octubre de 2003 es va inaugurar l'obertura d'un carril reversible de 10 km. Els requeriments d'ocupació es van fixar en tres o més

ocupants, però al cap de deu mesos es va permetre la circulació de qualsevol tipus de vehicle com a conseqüència d'una demanda legal interposada i segons la qual no existia cap legislació que permetés la restricció del carril a un determinat tipus de vehicles. Tot i la seva curta durada, en aquest temps la nova infraestructura va aconseguir el seu objectiu: reduir en 15 minuts el temps de viatge durant l'hora punta.

També a Madrid, des de l'any 1994, la N-VI disposa al seu centre d'un carril reservat per autobusos i vehicles d'alta ocupació. Els requeriments d'ocupació es limiten a dos o més ocupants ja que políticament es va tenir por que si s'instaurava el HOV+3 es donés l'efecte del "carril buit" i la resta de conductors rebutgés el nou carril.

Existeixen HOV lanes a Bristol i Leeds (Regne Unit), a Linz (Àustria) i a Trondheim (Noruega). Pel que fa a la resta de continents, Brisbane (Austràlia), Ottawa i Toronto (Canadà) i una llista innumerable de ciutats americanes també compten amb aquest tipus d'infraestructures.

Des de la primera experiència l'any 1969, consistent en dos carrils reversibles a la mediana de la I-395 a la Northern Virginia, el desenvolupament de HOV lanes als EUA ha estat espectacular: l'any 1985, 16 anys després, ja funcionaven 20 infraestructures d'aquest tipus a 12 àrees metropolitanes dels EUA i Canadà, amb una longitud total de 324 quilòmetres. L'any 1989 es comptaven 40 infraestructures HOV lane distribuïdes en 20 àrees metropolitanes, amb més de 600 quilòmetres de longitud (Pozueta, 1997).

No existeixen dades oficials del nombre de quilòmetres d'infraestructures HOV als EUA. Tot i això, a l'últim cens global, realitzat el 2000, figuren un total de 130 experiències en marxa als EUA i Canadà, distribuïdes en 23 àrees metropolitanes. Això són més de 1900km, 2400km si es multiplica pel nombre de carrils d'alta ocupació de cada infraestructura (Obenberger, 2001).

Pel que respecta als HOT lanes, als EUA, creadors d'aquesta infraestructura, la llista de carreteres que disposen de HOT o Express lanes és força extensa (Taula 2. 1).

Taula 2. 1 Llistat de HOT/ Express lanes als EUA

Infraestructura	Ubicació	Estat	Requeriments d'ocupació
Interestatal I-15	San Diego	Califòrnia	SOV ⁽¹⁾ : peatge HOV+2: gratuït
91 Express lane	Orange County	Califòrnia	SOV: peatge HOV+3: gratuït en HV descompte en HP
Interestatal I-25 Express lanes	Denver	Colorado	SOV: peatge HOV+2: gratuït
Interestatal I-394	Minneapolis	Minnesota	SOV: peatge HOV+2: gratuït
Interestatal I-10 <i>Katy Freeway</i>	Houston	Texas	SOV: prohibit HOV+2: peatge en HP gratuït en HV HOV+3: gratuït
U.S.Highway 290 <i>Northwest Freeway</i>	Houston	Texas	

Infraestructura	Ubicació	Estat	Requeriments d'ocupació
Interestatal I-15 Express lanes	Salt Lake city Orem	Utah	SOV: peatge HOV+2: gratuït

⁽¹⁾ SOV: Single Occupant Vehicle (Vehicle d'un sol ocupant)

Font: Elaboració pròpia

2.6 PEATGE VARIABLE EN UNA INFRAESTRUCTURA

Aquest tipus de peatge de congestió és el que es dona a carreteres que ja són de peatge però on es canvia el peatge fix per un sistema de peatges on el preu més alt es reserva per a les hores punta. Això motiva als conductors a viatjar durant les hores amb demanda menor i permet que el trànsit flueixi amb més llibertat a les hores punta. Per aconseguir-ho cal que el peatge de l'hora punta sigui suficientment elevat per garantir un temps de viatge conegut i una circulació lliure.

També es poden instaurar peatges variables en una infraestructura que originàriament era gratuïta per tal de gestionar-ne la demanda. El sistema de peatges segueix sent el mateix, segons si es tracta d'una hora punta o una hora vall, però en aquest cas només s'aplica als punts o trams que presenten congestió amb l'objectiu de recuperar la capacitat i transportar el nombre de vehicles per al qual va ser dissenyada la infraestructura. Del que es tracta és de dissuadir als conductors d'entrar a través de determinats accessos de la infraestructura quan aquesta està propera a arribar al seu punt de col·lapse.

La forma més eficient d'operar qualsevol autopista de peatge és evitant que s'arribi una densitat de trànsit que excedeixi la seva capacitat, ja que en aquest punt les velocitats cauen de forma estrepitosa i l'autopista perd la facultat de traslladar el nombre de vehicles del qual és capaç en flux lliure. Això significa que s'està malgastant capacitat i l'opció d'ingressar els beneficis derivats del pagament del peatge.

A part del peatge variable en funció del moment del dia existeixen altres categories de peatge:

- En funció de l'itinerari: quan existeixen dues o més alternatives per arribar a un mateix punt s'aplica un peatge a la infraestructura que es vol descarregar i un descompte a la resta de carreteres
- En funció de les emissions dels vehicles: en aquelles infraestructures que per raons mediambientals interessa mantenir la qualitat de l'aire s'aplica un increment del peatge estàndard al vehicles privats

APLICACIÓ DE PEATGES VARIABLES A UNA INFRAESTRUCTURA

A **França**, on conviuen 60 milions d'habitants i els seus respectius 29 milions de vehicles privats, existeixen les tres modalitats de peatge variable en una infraestructura. La Taula 2. 2 recull el funcionament i ubicació d'aquestes infraestructures.

Aquest tipus de peatges també s'apliquen a ponts i túnels, oferint descomptes sobre el preu del peatge durant les hores precedents i posteriors a les hores punta amb l'objectiu de desplaçar volum de trànsit cap a aquestes hores.

Exemples de ponts amb aquest tipus de peatge els trobem al comtat de Lee, Florida, on han aconseguit incrementar en un 19% el trànsit durant les hores properes a l'hora punta i reduir un 7% el volum de vehicles durant aquesta.

Taula 2. 2 Infraestructures de peatge variable a França

Infraestructura	Ubicació	Categoria	Funcionament
A1 (Data obertura: 1992)	Lille - París (Nord de París)	Segons l'hora	Increment del peatge durant les tardes del diumenge (HP del cap de setmana) Peatge +25% de 16:30 a 20:30h Peatge -25% de 14:30 a 16:30h / 20:30 a 23:30h
A14 (Data obertura: 1996)	París (La Défense-Orgeval)	Segons l'hora	Objectiu: Alleugerir el trànsit de l'A13 Peatge variable: de 4€ (HV) a 6€ (HP) Gratuït per vehicles d'alta ocupació
A1- A26 (Durant les vacances dels anys 1993-94)	Afores de París	Segons itinerari	Objectiu: Evitar el trànsit al voltant de París utilitzant les carreteres A26-A5-A31 en comptes de les A1-A6 Peatge +1,5€ a les carreteres A1-A6 Peatge -5€ a les carreteres A26-A5-A31
A5 - A6 (Durant les vacances. Hiverns anys 1995-97)	Sud de París	Segons itinerari	Objectiu: Alleugerir el trànsit de l'A6 Peatge -8€ a la carretera A5 (a canvi de recórrer 70km més)
Túnel Mont Blanc Túnel Frejus	Regió dels Alps	Segons emissions	Objectiu: estimular el canvi modal de vehicle privat a ferrocarril Increment del 5-10% de l'import del peatge convencional als vehicles privats

Font: Elaboració pròpia

A Seul, Corea, mitjançant la construcció de dos túnels on es fa pagar peatge durant les hores punta del matí dels dies feiners als vehicles HOV+2 i on la circulació és gratuïta per als vehicles HOV+3 s'ha aconseguit reduir en un 24% el volum de trànsit.

2. 7 PEATGE D'ENTRADA I CIRCULACIÓ PER UNA ÀREA

El *Cordon Toll* consisteix en fer pagar als conductors de vehicles privats les externalitats que generen— tals com congestió, soroll, contaminació de l'aire, accidents de trànsit, deteriorament ambiental i urbanístic i els costos addicionals i retards que els conductors d'aquests vehicles s'imposen els uns sobre els altres — mitjançant un peatge d'entrada i circulació pel nucli de la ciutat.

Aquest pagament pot consistir en el cobrament d'una tarifa cada cop que un vehicle travessa la zona acordonada, com en el cas de Singapur des del 1975 o Estocolm des del 2007, o en una quota diària, com en el cas de Londres, on des del 2003 tots els conductors de qualsevol tipus de vehicle paguen per circular dins de la zona restringida, independentment del nombre de cops que travessin el cordó de control.

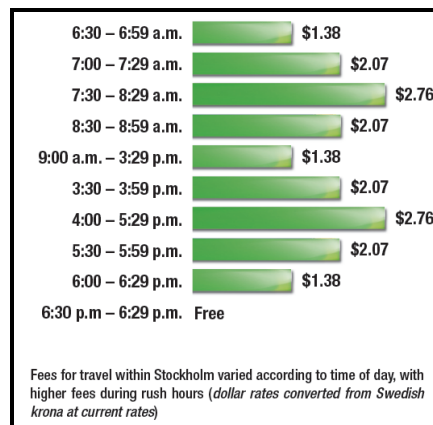
És essencial que el cobrament del peatge urbà es faci de forma automàtica, sense que els vehicles s'hagin d'aturar a la zona de control. Això actualment és possible gràcies als avenços tecnològics i les eines de detecció i de cobrament electrònic.



Font: Wikipedia

Figura 2. 4 Elements constituents del peatge d'entrada i circulació per Londres, d'esquerra a dreta: senyalització horitzontal i vertical, sistema de cobrament electrònic i sistema de vigilància

El sistema de peatges es pot donar només en hora punta, és a dir, durant els dies laborables, o tots els dies de la setmana. Pot consistir en una quota fixa, com passa a Londres, o en un sistema de preus, com en el cas d'Estocolm, on hi ha instaurat un horari de peatges en funció de les experiències de congestió a l'àrea acordonada.



Font: Stockholm Trial Expert Group

Figura 2. 5 Sistema de peatges durant els mesos de prova a Estocolm, de Gener a Juliol de 2006

Aquest tipus de peatge també ha estat utilitzat en petites ciutats turístiques tals com Durham – a Anglaterra –, Znojmo– capital de la República Txeca – i Valletta – capital de Malta – per tal de reduir els seriosos problemes de trànsit i estacionament que es produeixen durant la temporada alta de turisme i com un esforç per preservar els edificis històrics, alguns d'ells declarats Patrimoni de la Humanitat. D'aquesta manera també milloren la qualitat de l'aire urbà, redueixen la contaminació i milloren el seu atractiu turístic, ja que ofereixen més accessos a peu i en bicicleta a aquests centres antics (Taula 2. 3).

Taula 2. 3 Principals peatges de circulació en una àrea

Ubicació	Implantació	Funcionament	Objectiu
Singapur República de Singapur	1975	Peatges variables en temps real Pagament cada cop que es creua la zona acordonada	Reducir la congestió al centre Potenciar transport públic
Estocolm Suècia	2007	Sistema de peatges basats en l'experiència Pagament cada cop que es creua la zona acordonada	
Londres Anglaterra	2003	Pagament d'una quota mensual, independentment dels cops que es travessa	
Durham Anglaterra	2002	Pagament peatge a l'únic accés rodat a la Catedral i Castell de Durham, Patrimoni de la Humanitat	Preservar els edificis històrics Millorar la qualitat del medi ambient Reducir la contaminació als nuclis històrics
Valetta Malta	Fase I: 1990 Fase II: 2005	Control de l'accés de vehicles a la ciutat, Patrimoni de la Humanitat 1990: quota anual per entrar 2005: peatge basat en l'hora d'entrada	
Znojmo República Txeca	2007	Instal·lació de dos punts de pagament de peatges a les torres d'accés al nucli històric emmurallat	

Font: Elaboració pròpia

APLICACIÓ DEL PEATGE D'ENTRADA I CIRCULACIÓ PER UNA ÀREA

La primera implementació del *Cordon Toll* amb èxit va ser a **Singapur**, l'any 1975. Aleshores el pagament del peatge encara s'havia de fer de forma manual, per part de la policia, amb els retards que aquest sistema de pagament suposa. L'any 1998 es va millorar i automatitzar el sistema de cobrament, i entre el desembre del 2006 i abril del 2007, amb l'objectiu de millorar encara més el mecanisme de fixació de preus i per tal de cobrar uns preus variables en temps real, Singapur, conjuntament amb la firma IBM, realitzà una prova pilot amb una eina d'estimació i predicció del trànsit. Mitjançant dades històriques de trànsit i informació de les condicions del flux de vehicles obtinguda en temps real eren capaços de predir els nivells de congestió amb fins una hora t'anticipi i en intervals de temps curts.

A més del cobrament de tarifes de congestió variables s'espera que aquesta tecnologia també permeti millorar la gestió del trànsit, oferint informació anticipada de les condicions del trànsit als usuaris així com informant dels peatges de congestió vigents en aquell moment precís. S'espera que aquesta eina aconseguixi una modificació del comportament dels conductors amb l'objectiu de disminuir el flux de trànsit en comparació amb els esquemes actuals.



Font: Wikipedia

Figura 2. 6 Zona de cobrament electrònic del peatge d'entrada a la ciutat de Singapur

Però no sempre el peatge d'entrada i circulació en una àrea ha estat acceptat. Han existit diversos casos on, després d'un període de prova, s'ha refusat la instauració definitiva. Aquest és el cas de ciutats com Hong Kong, Edimburg o Nova York.

Hong Kong va realitzar una prova pilot de tarifes de congestió cobrades electrònicament entre 1983 i 1985, amb resultats alentidors. Però l'oposició de l'opinió pública va aconseguir que no s'adoptés el sistema.

El mateix va passar a Edimburg, capital d'Escòcia, on el 2002 es va iniciar un procés d'implementació del sistema de tarifes que va ser sotmès a referèndum l'any 2005. L'avassalladora oposició per part del 74,4% dels votants va fer desistir la mesura.

En el cas de Nova York, el juliol del 2007 el poder legislatiu de la ciutat de l'Estat de Nova York va crear una comissió per estudiar totes les opcions disponibles per alleugerir la congestió que patia la ciutat de Nova York. El 31 de gener del 2008 la comissió aprovà un pla que incloïa peatges de congestió i la proposta fou acceptada pel Consell de la Ciutat de Nova York el 31 de març del 2008. Però finalment l'Assemblea de l'Estat de Nova York decidí no votar la proposta ja que «..l'oposició és tan bromadora que és millor no tenir una votació oberta a l'assemblea» segons paraules de Sheldon Silver, President de l'Assemblea.

2. 8 PEATGE PER DESPLAÇAMENT

Tal i com s'ha explicat anteriorment, el finançament de les infraestructures viàries públiques s'acostuma a fer a través dels impostos de matriculació, de circulació i sobre el combustible cobrats a la societat. Però els impostos són els mateixos per a tots, independentment del tipus de vehicle que es faci servir, de la freqüència amb què s'utilitzi i de la quantitat de gasos contaminants que emeti.

Està demostrat que la major part de les necessitats de manteniment i creixement de les infraestructures viàries provenen del transport pesat per carretera. És per aquest motiu que en algun països s'estan realitzant proves pilot d'un sistema de peatges variables en funció del tipus de vehicle i distància recorreguda. Aquest tipus de peatge de congestió s'anomena "pagament per desplaçament" i té un doble objectiu: d'una banda regular de forma més justa i equilibrada el que paga cada usuari per circular per la xarxa de carreteres, de tal forma que s'internalitzin les externalitats que el seu trànsit genera, i

d'altra banda generar uns ingressos proporcionals a la demanda d'ús que se'n faci i que permetin garantir el manteniment i creixement de la carretera.

Així doncs, amb aquest doble objectiu s'aconsegueix actuar sobre les dues components de l'economia: permet gestionar l'oferta, al fer viable la inversió en més capacitat de la xarxa i així fer possible un increment d'inversions en transport públic, i alhora gestiona la demanda, a l'influenciar en l'elecció del mode de transport, l'horari i ruta de viatge així com en la pròpia decisió de desplaçar-se.

El sistema de funcionament, basat en el cobrament electrònic de peatges, consisteix en utilitzar les dades de posicionament del vehicle, obtingudes mitjançant un sistema de posicionament per satèl·lit – tipus GPS o el futur GALILEO –, per determinar si aquest ha emprat o no la infraestructura on s'aplica el peatge per desplaçament i en cas afirmatiu calcular la quantitat de peatge a cobrar en funció de la distància recorreguda i del tipus de vehicle. Però per aconseguir que el cobrament dels peatges per desplaçament funcioni correctament cal exigir i garantir tres prestacions al sistema de posicionament per satèl·lit (Martínez et al., 2006):

1. Dificultat de repudi, és a dir, cal que el sistema sigui capaç de documentar de forma irrefutable i auditable la justificació de l'import a cobrar.
2. Disponibilitat de cobrament, és a dir, el nombre de clients que el sistema és capaç de detectar i cobrar.
3. Integritat de cobrament, és a dir la probabilitat que un vehicle sigui cobrat de forma errònia.

Avui dia encara no es pot garantir la integritat del sistema GPS, és a dir, no existeix cap garantia que la imprecisió del GPS pugui ocasionalment ser tan gran que generi errors en el còmput del peatge a cobrar. S'ha vist que tot i que avui dia l'error generat pel GPS és estadísticament molt petit (inclús per sota dels 10m), això no impedeix que ocasionalment aquest error pugui arribar fins els 1.000m i, amb una relativa freqüència - 1% de les vegades -, sigui de diverses desenes de metres (Martínez et al., 2006).

Aquest és un sistema de reduir les congestions de trànsit i una forma més equitativa de fer pagar als conductors el manteniment de les carreteres així com les externalitats que imposen sobre els altres vehicles i la resta de societat.

Amb la implantació definitiva del peatge per desplaçament en una regió o país es podrien eliminar els impostos cobrats sobre el combustible amb l'objectiu de finançar el manteniment i creació de noves infraestructures viàries, ja que quedarien cobertes les necessitats.

APLICACIÓ DEL PEATGE PER DESPLAÇAMENT

El gener de 2.005 **Alemanya** va implementar un nou sistema de peatges per als camions que circulen per les autopistes: el peatge per desplaçament. Una taxa mitjana de 0,15€ per quilòmetre recorregut passa a substituir l'anterior peatge basat en el temps, anomenat "Euro Vignette". En el nou sistema tots els camions amb una càrrega igual o superior a 12 tones són cobrats electrònicament mitjançant l'ús del Global Positioning System (GPS), tot i que degut a les limitacions del sistema abans exposades ha calgut instal·lar dispositius redundants que fan el sistema car i laboriós de desplegar. Els peatges imposats depenen de la distància recorreguda per la infraestructura, però també

del nombre d'eixos del camió i del tipus d'emissions que fa el vehicle. Els ingressos generats s'inverteixen íntegrament en infraestructura destinada a millorar el transport públic.

Actualment a l'estat d'**Oregon** s'està provant el funcionament d'aquest tipus de peatge, amb la component de peatge de congestió afegida de demanar uns recàrrecs majors als conductors que circulin durant els períodes punta per aquells trams de carretera que acostumen a patir congestió.

2.9 ALTERNATIVES

Altres ciutats com Atenes, Sao Pablo, Ciutat de Mèxic, Bogotà, Santiago de Xile o La Paz, opten pel que s'anomena *racionament de l'espai vial*. Aquesta mesura consisteix en prohibir la circulació de determinats vehicles en base a l'últim nombre de la matrícula. Normalment es prohibeixen dos dígit per dia de dilluns a divendres, aconseguint d'aquesta manera una reducció teòrica del 20% de la flota en circulació. Quan l'objectiu és reduir els nivells de contaminació el que s'acostuma a fer és ampliar la restricció a més dígit i més dies de la setmana.

Hi ha qui defensa que la restricció vehicular és més equitativa que els peatges d'entrada i circulació a una ciutat ja que restringeix per igual a tots els vehicles, independentment del nivell d'ingressos del conductor. Tot i això té la debilitat que els usuaris amb més recursos poden evitar la restricció utilitzant o comprant un segon vehicle.

Una segona alternativa per evitar les desigualtats i problemes de distribució dels recursos dels peatges de congestió és l'ús d'un sistema de *comerç dels drets o bons de circulació*, similar al sistema existent de venda de drets d'emissió de bons de carboni, un dels mecanismes de reducció d'emissió de gasos causants de l'efecte hivernacle proposat pel Protocol de Kyoto. Segons aquest sistema el resident a l'àrea afectada per restriccions rebria una quantitat de bons que li donaria dret a un nombre determinat de viatges per dia o quilòmetres de circulació per mes. Els usuaris poden emprar aquest crèdit per finançar-se els viatges durant les hores punta o bé utilitzar el transport públic i vendre's els bons o drets a altres usuaris. En aquest sistema de restricció vehicular els beneficis són rebuts o distribuïts directament entre els usuaris i resulta més equitatiu perquè qui opti pel transport públic és recompensat per aquells que volen seguir viatjant en transport privat.

APLICACIÓ DEL RACIONAMENT DE L'ESPAI VIAL

La ciutat de **Sao Pablo**, al Brasil, va introduir el 1997 el racionament de l'espai vial, essent aquesta una de les experiències pioneres al món. La restricció vehicular és de dos dígit per dia, de dilluns a divendres, durant les hores punta del matí i de la tarda (de 7h a 10h i de 17 a 20h). Actualment el control d'accés i les multes es realitzen mitjançant un sistema automàtic de vigilància que funciona conjuntament amb el cos de policia destinat a aquesta tasca.

En el cas de **Santiago de Xile**, a Xile, la restricció vehicular es va començar a aplicar a mitjans dels anys 1990 amb l'objectiu de reduir els alts nivells de contaminació atmosfèrica. El sistema consisteix en impedir el trànsit de vehicles que continguin algun dels dos dígit determinats cada dia laborable.

Originalment la mesura només s'aplicava a la majoria de vehicles particulars a excepció d'aquells que disposessin d'un convertidor catalític, per tal de disminuir les partícules emeses durant el procés de combustió. Però amb el pas dels anys el nombre de vehicles que no disposaven d'aquest convertidor es va convertir en minoria i va caldre augmentar el nombre de dígit assignat a cada dia de 2 a 4 per tal de compensar la disminució de vehicles no catalítics. Actualment la contaminació ja no es deu per les partícules emeses durant la combustió sinó per la pols aixecada pel pas de vehicles.

En el cas d'**Hondures**, a partir del 7 d'abril del 2008 es va implantar a tot el país el programa "Avui no Circula" amb el propòsit de reduir el consum de petroli. A diferència d'altres països, la selecció del dia de restricció és opcional i queda a criteri de cada usuari seleccionar el dia de la setmana que no circularà, inscrivint-se al programa informant de la seva selecció. Els vehicles han de dur una enganxina que identifica el dia que no tenen permès circular. L'horari suggerit és des de les 6h fins les 20h. La penalització per no complir amb el racionament de l'espai és de 35 dòlars americans i la multa per la reincidència de 53 dòlars americans. La mesura ha provocat una forta oposició popular i s'han presentat diverses mesures davant la Sala Constitucional.

A **Beijing**, capital xinesa, l'ajuntament va proposar establir durant el transcurs del Jocs Olímpics un sistema de restricció vehicular amb l'objectiu de millorar la qualitat de l'aire. Ja es va realitzar un període de quatre dies de prova durant l'agost del 2007 retirant un terç de la flota de vehicles que circulaven per la capital, el que equival a 1,3 milions de vehicles. La prova va consistir en aplicar la restricció als vehicles segons l'acabament parell o senar de la matrícula. El resultat va ser una reducció diària del 40% d'emissions per vehicles. Degut al descontent dels conductors de Beijing es va confirmar que la mesura s'aplicaria durant els Jocs Olímpics de Beijing 2008 però que les autoritats buscarien algun mètode de compensació als usuaris que es veiessin afectats.

Grècia també va optar pel racionament de l'espai vial al seu centre de l'àrea metropolitana a partir del 1982 amb l'objectiu de disminuir els alts nivells de contaminació de l'aire produïts per la congestió de trànsit i les característiques meteorològiques de la vall on es troba la ciutat. El sistema restringeix la circulació de dilluns a divendres de forma alternada per als vehicles acabats amb matrícules parells o senars. Queden exempts del racionament de l'espai vial els autobusos, taxis, motocicletes, bicicletes, vehicles de lloguer i els visitants amb matrícula estrangera.

2. 10 SÍNTESI

De forma resumida, els diferents tipus de peatges de congestió es poden classificar en les categories que recull la Taula 2. 4:

Taula 2. 4 Peatges de congestió

Nom	Descripció	Objectiu
Carrils de peatge variable <i>HOT lanes – Express lane</i>	Peatge que creix en condicions de congestió intentant desplaçar alguns vehicles a altres vies, altres horaris o altres modes de transport	Augmentar els ingressos Reduir congestió als corredors d'accés als nuclis urbans
Infraestructura de peatge variable <i>Variable Road Toll</i>	Peatge variable per circular per una autopista segons l'hora, l'itinerari o les emissions del vehicle	Augmentar ingressos Reduir congestió Millorar condicions atmosfèriques de la zona
Peatge entrada/circulació àrea <i>Cordon toll</i>	Tarifa mensual o de pagament per cada entrada a l'àrea restringida	Reduir congestió grans ciutats Millorar qualitat de l'aire
Peatge per desplaçament <i>Distance- based fees</i>	Peatge per km recorreguts en una infraestructura segons el tipus de vehicle pesat (nº eixos, càrrega, etc.)	Augmentar ingressos Internalitzar les externalitats provocades pel trànsit
Racionament de l'espai <i>Road space rationing</i>	Prohibició de circulació als vehicles que contenen algun dels dígitos estipulats diàriament	Reduir congestió a centres urbans Millorar qualitat aire

Font: Elaboració pròpia

Capítol 3. HOT/Express Lanes: els carrils de peatge variable

3.1 INTRODUCCIÓ

Aquest tipus d'infraestructures es van pensar per optimitzar la capacitat dels carrils HOV ja existents o com carrils de nova creació amb una gestió de l'ús que garanteixi el màxim nombre de persones desplaçades durant els períodes punta.

Cal anar fins els EUA per circular-hi i remuntar-nos fins el 1995 per trobar els seus orígens. La primera infraestructura a posseir aquest tipus de carrils va ser la carretera estatal SR-91, a l'estat de Califòrnia, on el desembre del 1995 i amb un finançament compartit entre una empresa privada i l'estat es van executar dos carrils per sentit a la mitjana de l'autopista.

Posteriorment es va implantar una prova pilot de peatges al HOV lane de la IH-10, ubicada a l'estat de Texas i coneguda com Katy Freeway, passant a convertir-se en un HOT lane el gener de 1998.

Vist l'èxit experimentat a la Katy Freeway, la tardor del 2000 es va aplicar la gestió *HOT lane* sobre una segona infraestructura d'alta ocupació de l'estat de Texas, el carril HOV de la US 290 o Northwest Freeway.

3.2 ESTRATÈGIES DE GESTIÓ D'UN HOT LANE

Els HOT/Express lanes són un sistema de gestió de la capacitat d'una infraestructura consistent en un o varis carrils amb preferència d'ús per als vehicles d'alta ocupació però on també tenen accés els vehicles que paguen un peatge establert.

Els principals atractius d'aquest sistema són tres:

- Augmenta les opcions de mobilitat a les àrees urbanes congestionades, oferint l'oportunitat d'agafar un carril on el temps de viatge té una durada coneguda a aquells usuaris disposats a pagar un valor significatiu per aquest servei.
- Genera una nova font d'ingressos que poden ser invertits en millorar el servei o en potenciar l'ús del transport públic.
- Millora l'eficiència de les prestacions dels HOV lanes, aprofitant la capacitat sobrerada d'aquestes infraestructures.

La combinació d'estratègies que permeten controlar el nombre d'usuaris al HOT lane fa d'aquest sistema de gestió de la capacitat un estri per a la reducció de la congestió i la millora del servei a la xarxa d'autopistes existent.

Per garantir el flux lliure al HOT lane es poden seguir diverses estratègies (FHWA, 2003):

Occupancy Requirements (Requeriments d'Ocupació): Definir quins vehicles d'alta ocupació tenen accés al carril i si ho fan de forma gratuïta (HOT lane) o a un preu reduït (Express lane). Normalment als vehicles d'alta ocupació se'ls classifica en HOV+2 o HOV+3, segons si porten 2 o més ocupants o 3 o més ocupants.

Pricing Systems (Sistema de tarifació): Per tal de mantenir unes condicions de servei òptimes en aquests carrils s'estableixen uns peatges tals que limitin el nombre d'usuaris disposats a pagar-los. El peatge pot ser de tipus *fix*, variant en funció de l'hora del dia, o *dinàmic*, variant en resposta a les condicions de trànsit en temps real. En ambdós casos les tarifes més elevades es reserven per a les hores puntes. La informació sobre el preu del peatge arriba als potencials usuaris a través de senyals de missatge variable situats prop dels punts d'entrada a la infraestructura.

Toll Collection Procedures (Procediment de recollida del peatge): Amb l'objectiu d'evitar els retards que provoca una recollida manual del peatge, els HOT lanes funcionen amb un sistema de pagament electrònic. Únicament els vehicles dotats amb un "teletag" tenen accés al HOT lane.

Vehicle Type (Tipus de vehicle): Segons el tipus de política que es vulgui seguir – fomentar l'ocupació dels vehicles, millorar la qualitat de l'aire, etc – es pot permetre l'accés a un tipus de vehicle o un altre, sense cost o a un preu reduït.

Access Points (Punts d'accés): Normalment els HOT lanes estan separats de la resta de carrils per barreres físiques o marques vials. L'accés es pot donar en diversos punts però generalment només hi ha un punt d'entrada i un de sortida. El nombre d'entrades i sortides i el tipus de barreres emprades són factors importants a l'hora de gestionar el flux dins d'aquests carrils.

3.3 PLANIFICACIÓ I IMPLEMENTACIÓ

3.3.1 Origen

Un dels punts més importants en el procés de planificació és el fet en sí de considerar l'opció d'instaurar un HOT lane. És per aquest motiu que pot resultar útil reconèixer aquelles situacions en què els HOT lanes poden resultar especialment efectius (FHWA, 2003):

Manca d'itineraris paral·lels

Els HOT lanes funcionen millor en grans àrees metropolitanes amb corredors d'accés congestionats i on es disposa de pocs itineraris alternatius. La limitació de rutes paral·leles, sigui per l'orografia de la zona o la manca d'espai, i el fet de disposar d'un servei precari de transport públic encara fa més atractiva aquesta infraestructura.

Aquest és el cas de la SR 91 al comtat d'Orange, Califòrnia, autopista ubicada en un canó sense vies paral·leles ni cap autopista propera. Quan queden poques opcions a part de l'autopista existent, el HOT lane ofereix una nova alternativa de trajecte tant als conductors de vehicles privats com als usuaris de transport públic.

Instal·lacions HOV col·lapsades

Els HOT lanes també poden ser efectius en aquelles situacions en què la demanda dels carrils d'alta ocupació (HOV lanes) excedeix la capacitat d'un únic carril, però que per

si sola no justifica la creació d'un segon carril. Operant aquest nou carril afegit com a HOT lane els vehicles disposats a pagar poden accedir-hi, fent un ús òptim de la instal·lació mentre alhora s'allibera part de la capacitat dels carrils d'ús general.

Tal i com s'ha demostrat a la Katy Freeway, a Houston, per tal de descongestionar el carril d'alta ocupació pot ser eficaç augmentar els requeriments d'ocupació de la infraestructura de HOV+2 a HOV+3 en aquells casos en què no es contempla l'execució d'un nou carril.

Instal·lacions HOV infrautilitzades

El HOT lane resulta especialment eficaç en aquelles infraestructures on la demanda del HOV lane és inferior a la seva capacitat i on, durant les hores punta, apareix congestió als carrils d'ús general adjacents. En aquest cas es pot permetre l'accés dels conductors que viatgen sols i que estan disposats a pagar un peatge suficientment elevat per garantir les condicions de trànsit desitjades.

3.3.2 Procés d'implementació

La planificació i el procés d'implementació d'un HOT lane és el seguit habitualment seguit en la millora d'una autopista. El procediment es pot resumir en les fases següents:

Pre-planificació

Un cop reconeguda la necessitat d'una millora, la institució responsable del transport ha de fer un estudi de la concepció, el sistema operacional i la definició física de la solució per tal d'aconseguir la seva eficiència, així com estimar el cost, la facilitat d'implementació i l'acceptació per part del públic. Un cop trobats, cal comparar el pes d'aquesta necessitat vers les altres mancances de la jurisdicció de l'ens i decidir si es porta a terme o no el projecte.

Planificació

Si es decideix portar endavant el projecte, s'afinen i es defineixen més clarament les millores conceptuals. Es proposa aleshores un llistat de les alternatives que abasten el major nombre d'objectius desitjats i es valoren, fins que finalment s'escull una alternativa. Aquesta haurà de ser integrada en la planificació estatal de millores del transport.

Disseny i obtenció

La següent tasca és elaborar un projecte detallat tant des de la vessant enginyera com de disseny de l'alternativa triada. Finalitzat aquest estadi, el projecte es treu a concurs i se selecciona un contractista.

Construcció

Durant aquesta fase el contractista ha d'executar els treballs segons el programa fixat en el contracte. L'entitat del transport ha de supervisar en tot moment la correcta evolució de les obres i alhora seguir gestionant la infraestructura.

Posada en operació

Finalment només queda la posada en operació de la instal·lació. Normalment és la mateixa institució del transport la que s'ocupa del manteniment físic del recurs, així com de coordinar la vigilància de l'acompliment dels requeriments d'ocupació dels vehicles i la gestió dels accidents, en col·laboració amb l'entitat pertinent.

Altres consideracions a tenir en compte en el procés d'implementació i que poden marcar el disseny final de la instal·lació són les següents:

- Tipus de vehicles permesos
- Administració i gestió del peatge
- Tecnologia de recollida del peatge
- Accessos intermitjos
- Tractament de la separació

3.3.3 Particularitats dels HOT lanes

El que diferencia una infraestructura HOT de les autopistes convencionals o els carrils d'alta ocupació és el fet que és el preu de mercat juntament amb altres estratègies de gestió els qui proporcionen unes millors condicions de circulació i un temps de trajecte conegut, especialment durant les hores punta. Això es manifesta en (FHWA, 2003):

- Una alternativa de transport nova i desitjable per als conductors i els usuaris de transport públic de corredors congestionats.
- La generació de recursos aplicables al finançament de la infraestructura o en la millora del servei de transport públic.
- És necessària una especial atenció en la gestió de la infraestructura, tant en la vigilància del trànsit com en la resposta en cas d'accidents.
- Els HOT lanes ofereixen noves formes de gestionar el trànsit i de cobrar els peatges.
- Aquests projectes requereixen de màrqueting i recollida d'informació sobre la opinió del públic
- Són propensos a necessitar la cooperació de diferents agències o organismes

Les tasques tècniques són relativament senzilles. L'etapa de desenvolupament del projecte inclou el disseny, l'anàlisi mediambiental, els estudis de demanda, la planificació de finançament i la gestió de l'explotació. Un cop el sistema és operacional s'estén al manteniment de la infraestructura, la seva vigilància i l'avaluació permanent del funcionament.

Respecte als temes institucionals, cal crear el marc legal on tindrà lloc. Aquest pot ser un punt especialment laboriós i complicat en aquelles zones on la implantació d'un HOT lane comporti l'aparició de peatges per primer cop.

3.3. 4 Objectius Operatius

Simultàniament a la definició del disseny del carril, les autoritats del transport han d'establir els objectius operatius globals sobre els quals es regirà la nova infraestructura. Això implica definir la combinació de tècniques de gestió – requeriments d'ocupació, accessos i preu - que permetrà assolir els objectius. Aquest és un punt especialment important quan es tracta de HOT lanes amb peatges variables en temps real.

Alguns dels possibles objectius operatius que es poden desitjar són els següents:

- Màxima reducció del temps de viatge global: pot referir-se tant al carril en qüestió com en els adjacents o el temps global d'ambdós.
- Màxima transferència de vehicles subjecte a un nivell de servei: és a dir, garantir una velocitat mínima, independentment del passatgers al vehicle.
- Màxima transferència de persones subjecte a un nivell de servei: garantir una velocitat mínima però posant atenció al nombre de viatgers al vehicle.
- Maximització dels beneficis obtinguts del peatge

Alguns d'aquest objectius dependran de la naturalesa del propietari i de l'operador de la instal·lació. Quan es tracta d'un operador privat el seu màxim objectiu és aconseguir els majors ingressos. En canvi, si es tracta d'una agència pública focalitzarà els objectius en l'estalvi del temps de viatge i en aconseguir les majors transferències de vehicles i persones. No obstant, aquests dos punts de vista no tenen perquè diferenciar-se massa, ja que es pot arribar a la conclusió que maximitzant les transferències de vehicles s'arribarà al màxim valor d'ingressos.

3. 4 MARC ORGANITZATIU EN PROJECTES HOT LANE

A l'hora de fundar un projecte HOT lane cal resoldre diversos temes organitzatius. Cal trobar un patrocinador, el capital necessari, resoldre les formalitats operacionals i determinar quina branca legal estarà involucrada. No sempre aquestes respostes són òbvies. És objecte d'aquest capítol descriure el marc organitzatiu on cal emmarcar els projectes HOT lane.

3.4. 1 Rols i Responsabilitats en projectes HOT lane

Els principals papers que les agències de transport poden jugar en un projecte HOT lane es recullen a la Taula 3. 1.

Taula 3. 1 Rols i responsabilitats en un projecte HOT lane

Rol	Responsabilitat
Propietari	Agència a qui pertany la infraestructura on s'afegirà el HOT lane i a nom de qui estan els documents oficials

Rol	Responsabilitat
Patrocinador	Organització responsable del procés d'implementació. Algunes tasques específiques consisteixen en: <ul style="list-style-type: none">• Acabar els estudis tècnics• Educació i abast públic• Obtenir l'aprovació per part de les agències de medi ambient i altres• Supervisar els contractes de disseny i construcció• Aconseguir la supervisió i vigilància del HOT lane
Agent operador	Organització responsable del dia a dia del HOT lane. Algunes tasques específiques consisteixen en: <ul style="list-style-type: none">• Recol·lecció del peatge i facturació• Manteniment de la carretera i de l'equipament associat• Seguiment i avaluació• Màrqueting

Font: FHWA, 2003

Les estructures institucionals dependran d'una sèrie de variables que al seu torn variaran projecte a projecte. En alguns casos una sola agència pot representar les tres funcions, en d'altres, cada funció pot ser portada a terme per agències independents, companyies privades o associacions entre elles.

3.4. 2 Identificació del patrocinador

El patrocinador és l'organisme que implementa el projecte, executa els estudis de planificació, presenta la documentació ambiental i supervisa la construcció així com possibilita l'operació de la infraestructura. Aquest organisme haurà de posseir, o obtenir legalment, les competències per recollir els peatges. A més haurà d'aconseguir el suport polític i públic.

Quan un projecte involucra la conversió d'una infraestructura HOV el més probable és que l'acord organitzatiu existent sigui el que segueixi gestionant el funcionament de la nova instal·lació.

En ambdós casos, al darrere s'amaga un llarg llegat de relacions institucionals prèviament establertes. No existeix una fórmula preferible, i l'elecció final suposarà un reflex de les condicions locals.

3.4. 3 Involucrament del Sector Privat

El fet que un projecte HOT lane generi ingressos introdueix la possibilitat que, sota les condicions adients, sigui financerament independent o resulti una empresa rendible d'interès per als inversors privats.

La conversió de HOV a HOT lane té el gran potencial de ser atractiu financerament ja que els costos associats són significativament inferiors als de la construcció d'un nou carril. És necessària la instal·lació del sistema electrònic de recol·lecció del peatge i de la senyalització i informació als usuaris, inclús pot ser necessària la modificació del traçat, havent d'introduir entrades i sortides a diferent nivell, però tot i així, en les condicions adients el projecte pot resultar significativament rendible. La viabilitat

d'atreure el sector privat dependrà del balanç entre el cost del finançament, la construcció, l'operació de la instal·lació i els ingressos que aquesta generi.

L'involucrament del sector privat pot resultar atractiu per als organismes governamentals, ja que d'aquesta manera poden reservar els seus fons per altres projectes o necessitats.

A més, el sector privat està motivat en maximitzar l'eficiència del projecte amb l'objectiu d'aconseguir els màxims beneficis, i és amb aquest propòsit que són acurats a l'hora de garantir el nivell de servei i elaborar les campanyes de màrqueting.

D'altra banda, els terminis de finançament per al sector privat no són sempre tan atractius com els terminis dels quals disposa una entitat pública, fet que provocarà algun sacrifici afegit. Per exemple, convidar la inversió privada en un projecte de HOT lane pot comportar l'acord de no competitivitat entre el sector privat i el públic. Això significa que l'autoritat de l'organisme públic queda restringida a l'hora de crear capacitat o oferir alguna millora en el corredor on existeix el HOT lane, ja que això perjudicaria l'empresa privada a l'hora de recuperar la inversió feta.

3.4.4 Autoritats legals i requisits

La implementació d'una instal·lació HOT és propensa a la necessitat d'una legislació per aclarir de forma precisa temes operacionals i de gestió. Diverses matèries poden estar involucrades.

Autoritat del peatge

Un projecte de HOT lane, on està inclosa l'activitat de recaptar, ha d'acomplir la respectiva normativa. Si aquesta no existís, caldrà crear el marc legislatiu que permeti aquesta activitat a l'autopista en qüestió.

Autoritat del peatge variable

Cal establir cada quan i de quina manera pot canviar el peatge i quin és el nivell de servei mínim a garantir dins de la instal·lació. Sovint la gestió d'aquestes instal·lacions no és portada per una sola agència, sinó per la col·laboració i responsabilitat compartides per vàries. És per això que cal establir una legislació que fixi les competències de cadascuna pel que fa als temes de construcció, manteniment, recaptació de peatges i vigilància.

3.4.5 Adaptacions per a l'operació

Un cop el HOT lane està en funcionament caldrà portar a terme les activitats típiques d'un operador: el manteniment de la carretera, la recaptació dels peatges i la vigilància de l'acompliment d'ocupació de vehicles. Les dues darreres activitats presenten diferències substancials respecte a l'operació en carreteres convencionals.

Respecte a l'operació del carril, pot ser l'empresa pública, la privada o una empresa externa especialitzada en el cobrament automàtic de peatges i en la gestió d'aquest tipus d'infraestructures la que se n'ocupa.

Cobrament dels peatges

Per definició, el HOT lane ha de cobrar un peatge a tots aquells conductors que no compleixin els requisits d'ocupació del vehicle. A més, per tal de mantenir la reducció de temps de viatge i garantir la comoditat promesa durant el viatge cal que el pagament es faci de forma automàtica. Això exigeix una tecnologia sofisticada així com una experiència que la majoria d'agències de captació de peatges busca fora, contractant una empresa especialitzada.

L'interoperabilitat també és un punt crític. L'òptim per als usuaris és disposar d'un sistema de recaptació de peatges que funcioni entre diferents instal·lacions d'aquest tipus, inclús si pertanyen a diferents regions. Però de cara a l'operador de la instal·lació pot resultar millor limitar la disponibilitat de l'aparell de recaptació per controlar totalment l'accés a la instal·lació.

Vigilància i manteniment

La planificació d'un projecte de HOT lane ha d'incloure l'involucrament del cos de policia corresponent. En el cas que passi per diferents jurisdiccions cal decidir els rols de cada cos.

Si la instal·lació consta d'un nombre limitat d'accessos i sortides aleshores el nombre de cossos de policia involucrats serà menor.

Respecte al manteniment físic de la infraestructura, normalment la responsabilitat corre a càrrec de l'agència a qui pertany el corredor on està ubicat el HOT lane.

Finalment només falta descriure els aspectes tècnics i tecnològics que defineixen i permeten la implantació d'un sistema de gestió HOT o Express de la capacitat de la via. Com que aquests aspectes són imprescindibles per al correcte funcionament de la infraestructura però no són molt rellevants des del punt de vista de l'obtenció dels costos de congestió que es vol realitzar s'ha decidit incloure'ls en forma d'Annex al final del document.

A l'Annex 3, titulat *Aspectes Tècnics i Tecnològics de les Infraestructures HOT/Express Lanes* es poden consultar punts relatius al disseny, com les seccions tipus, la tipologia d'accessos, sistemes de separació respecte de la resta de carrils i el seu manteniment o les àrees habilitades per al control i vigilància del compliment de l'ocupació. També es trobarà informació sobre la tecnologia necessària per a la instal·lació del sistema de cobrament del peatge o la informació als usuaris de les taxes.

Capítol 4. Anàlisi d'un cas americà: State Route 91

4.1 INTRODUCCIÓ

Ubicada a l'estat nord-americà de Califòrnia, aquesta carretera estatal recorre al llarg dels seus 95 km de longitud els comtats de Los Angeles, Orange, Riverside i San Bernardino. Aquests comtats formen part de la Gran Àrea Metropolitana de la ciutat de Los Angeles, amb gairebé 13 milions d'habitants repartits en 12.500km² (Figura 4. 1).



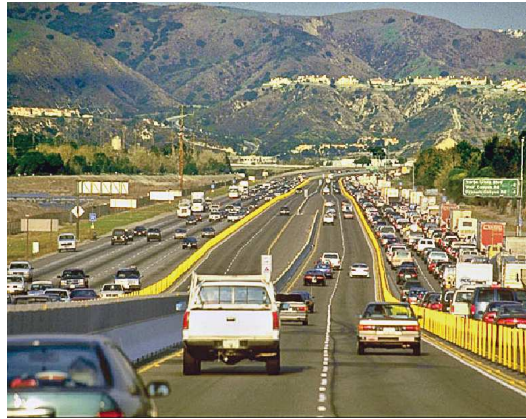
Font: Wikipedia

Figura 4. 1 Ubicació dels Express Lanes de la SR 91

El tram de carretera estatal SR91 que conté els Express Lanes és el comprès entre la intersecció d'aquesta amb la SR55, a Anaheim, i la frontera que divideix els comtats d'Orange i Riverside. El projecte dota l'autopista de dos carrils addicionals en cada sentit al llarg de 16 km, ubicats a la mediana i separats dels carrils adjacents per un zebra i una filera de pilons de plàstic (veure Figura 4.2). Els únics punts d'accés a la infraestructura es troben a l'inici i final dels carrils.

Els Express Lanes estan situats en un dels corredors més congestionats de Califòrnia. Pont d'unió entre els barris residencials de Riverside i San Bernardino i els principals centres de negocis dels comtats d'Orange i sud de Los Angeles, l'autopista travessa el canó de Santa Ana, frontera natural entre els comtats d'Orange i San Bernardino, fet pel qual no existeixen artèries paral·leles alternatives que possibilitin la distribució dels volums de trànsit.

Així, el gran volum de desplaçaments des de les zones residencials als llocs de treball es dona entre les 6 i les 9h del matí (d'est a oest, sentit *Westbound*), mentre que a les tardes, entre les 15 i les 19h, es donen les grans congestions de camí de tornada als barris residencials (d'oest a est, o sentit *Eastbound*).



Font: FHWA

Figura 4.2 Vista dels "91 Express Lanes", separats de la resta per pilons de plàstic

4.2 FINANÇAMENT I IMPLEMENTACIÓ

Inicialment es va estudiar la possibilitat de construir un carril HOV o *d'alta ocupació*, però en aquell moment l'Estat no disposava del recursos econòmics necessaris per fer front a la despesa a curt termini. Però aleshores es va aprovar la llei AB 680, segons la qual es permet la col·laboració públic-privada en la inversió en projectes d'infraestructura, fet que va provocar que finalment s'adoptés la construcció de carrils HOT. El cost d'execució d'aquests quatre carrils addicionals va ascendir a 134 milions de dòlars.

Així doncs, sota la supervisió de Caltrans (*California Transportation*, òrgan de govern de la mobilitat a l'Estat de Califòrnia) els Express Lanes van ser dissenyats i construïts per l'empresa privada CPTC (*California Private Transportation Company*), la qual en porta la gestió a través d'una concessió a 35 anys. Passat aquest període de temps la infraestructura pertanyerà a l'Estat de Califòrnia.

La necessitat de recuperar i rendibilitzar la inversió feta per part de l'empresa privada va promoure la creació d'aquest tipus d'infraestructura, on un percentatge dels peatges cobrats es destina a la recuperació del capital invertit i a obtenir uns beneficis. El preu del peatge el fixa l'empresa privada, subjecte a un benefici màxim establert a l'hora de signar la concessió amb l'Estat.

També va quedar establerta al contracte l'obligació per part de la CPTC d'oferir un incentiu a l'alta ocupació, el qual es va reflectir en la gratuïtat del trajecte a través dels HOT lanes per aquells vehicles amb tres o més ocupants fins el gener de 1998. Posteriorment aquest incentiu es va transformar en un descompte del 50% sobre la tarifa dels peatges, fet pel qual ja es va passar a parlar d'*Express Lanes* (qualsevol tipus de vehicle paga per l'ús de la infraestructura) i no de HOT Lanes.

Al seu torn, la CPTC va exigir a l'Estat que no es realitzessin obres de millora al corredor – excepte aquelles que significuessin un augment de la seguretat en la conducció – ja que aquestes podrien comportar una reducció de l'ús de la infraestructura de peatge.

L'aparició dels Express Lanes a la SR-91 va convertir aquesta autopista en la primera carretera del món en disposar d'un cobrament totalment automatitzat del peatge i en la

primera carretera dels EUA a adoptar un sistema de peatges variables cada hora en funció del nivell de congestió dels carrils adjacents.

Es va preferir adoptar un sistema de peatges variables hora a hora versus un peatge dinàmic - com el que disposa la I-15 de San Diego -, el qual varia en temps real segons els nivells de trànsit existent a la infraestructura. Tot i que aquest darrer tipus de peatge està a l'abast de la capacitat tecnològica dels Express Lanes de la SR-91 un estudi de màrqueting va revelar que els potencials usuaris se sentien incòmodes amb la imprevisibilitat del peatge dinàmic.

La CPTC publica el balanç anual cada primavera. A la es poden veure els resultats de les operacions de la CPTC, als quals cal afegir els interessos a pagar a les entitats financeres i els dividendes a repartir entre els capitalistes.

Taula 4. 1 Ingressos i Despeses anuals de la CPTC

Any	Ingressos per peatge Totals	Despeses Operacionals Totals
1996	7,1 milions de dòlars	6,3 milions de dòlars
1997	13,9 milions de dòlars	9,1 milions de dòlars
1998	20,1 milions de dòlars	8,7 milions de dòlars
1999	19,5 milions de dòlars	9,1 milions de dòlars

Font: Sullivan, 2000

El primer balanç de la CPTC va constatar que al cap de tres mesos de la posada en funcionament dels Express Lanes els ingressos havien assolit un nivell suficient per cobrir les despeses d'operació dels carrils, sense tenir en compte els interessos a pagar ni els dividendes a repartir. L'agost de 1998 l'empresa va declarar que els ingressos recollits a través del peatge ja cobrien tot tipus de despeses.

Sembla garantit que el projecte dels Express Lanes a la SR-91 aportarà uns dividendes significatius als seus inversors durant tota la vida útil de la infraestructura. No obstant, cal reconèixer que és un fet poc habitual per un projecte viari la combinació d'un baix cost de capital (menys de 3,5 milions de dòlars per carril i per milla), l'elevada demanda i el recolzament institucional per una ràpida implantació.

Les avantatjoses expectatives financeres a llarg termini pels Express Lanes estan influenciats per la naturalesa i ubicació de la competència. L'autopista paral·lela més propera és la State Route 60 autopista gratuïta que discorre d'est a oest uns 20 km al nord de la SR-91 i que també comunica els comtats de San Bernardino i Riverside amb el de Los Angeles. En canvi la comunicació amb el comtat d'Orange resulta més complicada, fet pel qual no s'ha observat cap divergència del trànsit de la SR-60 cap a la SR-91.

Dins del corredor de la SR-91, la ETR (Eastern Toll Road) competeix amb els Express Lanes en els trajectes cap al sud, cap a poblacions com Irvine i voltants. Això no obstant, els usuaris de la ETR que volen creuar la frontera entre els comtats d'Orange i Riverside han d'acabar accedint als carrils gratuïts de la SR-91, mentre que els conductors que agafen els Express Lanes passen de llarg aquest coll d'ampolla. Les altres carreteres que donen accés al canó de Santa Ana no el travessen del tot, fent de la SR-91 l'única infraestructura que creua la frontera per aquest corredor (Figura 4. 3).



Font: Google Maps

Figura 4. 3 Vista de les infraestructures de la zona

4. 3 FUNCIONAMENT

Abans de la seva obertura, el 27 de Desembre de 1995, els retards en hora punta acostumaven a ser de 20 a 40 minuts. L'increment de capacitat que l'aparició d'aquests quatre carrils van comportar es va traduir en una reducció dels retards fins a menys de 10 minuts. Tot i que actualment la congestió ha crescut de nou, no s'ha arribat als nivells de demora d'abans de l'obertura dels carrils.

L'estratègia de funcionament és garantir el flux lliure en tot moment dins d'aquests quatre carrils, dos per sentit, per tal d'atreure usuaris interessats en arribar en un temps conegut al seu destí, evitant els retards generats per la congestió. Això ho aconseguen fixant un peatge cada hora, segons el dia de la setmana i el sentit de circulació, en relació als nivells de congestió experimentats anteriorment als carrils adjacents (veure Figura 4. 4). Aquests peatges obtinguts empíricament es mantenen durant sis mesos. Passat aquest temps s'estudia si el nivell de servei dins els Express Lanes és l'adient, si sobra o manca capacitat i s'actua sobre els peatges en conseqüència.

La tarifa d'aquests peatges variables es transmet via panell de missatge variable als conductors de la SR 91, els quals disposen de temps suficient per decidir si incorporar-se o no a l'únic accés dels Express Lanes. En cas de fer-ho han de disposar d'un aparell instal·lat al cotxe i d'un compte associat a aquest teletag, del qual es descomptarà el preu del peatge.

91 Express Lanes		Toll Schedule							Eastbound								
		Effective January 1, 2008							SR-55 to Riverside Co. Line								
		Sun	M	Tu	W	Th	F	Sat									
Midnight		\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20
1:00 am		\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20
2:00 am		\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20
3:00 am		\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20
4:00 am		\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20
5:00 am		\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20
6:00 am		\$1.20	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.20
7:00 am		\$1.20	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.20
8:00 am		\$1.55	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90
9:00 am		\$1.55	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90
10:00 am		\$2.35	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$2.35	\$2.35
11:00 am		\$2.35	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$2.35	\$2.35
Noon		\$2.80	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$2.90	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80
1:00 pm		\$2.80	\$2.65	\$2.65	\$2.65	\$2.90	\$4.50	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80
2:00 pm		\$2.80	\$3.80	\$3.80	\$3.80	\$3.90	\$5.10	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80
3:00 pm		\$2.35	\$4.10	\$4.70	\$5.95	\$5.70	\$10.00	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80
4:00 pm		\$2.35	\$6.85	\$8.00	\$8.50	\$9.25	\$9.50	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80
5:00 pm		\$2.35	\$6.65	\$8.50	\$8.50	\$9.25	\$8.00	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80	\$2.80
6:00 pm		\$2.35	\$4.10	\$5.45	\$4.95	\$5.75	\$4.90	\$2.35	\$2.35	\$2.35	\$2.35	\$2.35	\$2.35	\$2.35	\$2.35	\$2.35	\$2.35
7:00 pm		\$2.35	\$2.90	\$2.90	\$2.90	\$4.15	\$4.55	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90
8:00 pm		\$2.35	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$2.65	\$4.15	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90
9:00 pm		\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$2.65	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90	\$1.90
10:00 pm		\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.90	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20
11:00 pm		\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20	\$1.20

Font: <http://www.91expresslanes.com>

Figura 4. 4 Taula de peatges als Express Lanes de la SR91

En cas de no disposar de l'aparell necessari, els lectors electrònics detecten la infracció i automàticament es fa una fotografia de la matrícula del vehicle infractor, el qual rep a casa la multa corresponent.

Al mateix temps, els vehicles amb tres o més ocupants, els quals gaudeixen d'un descompte del 50% sobre el preu del peatge, han de passar per un dels dos carrils de cobrament electrònic (veure Figura 4.5). La verificació del nombre d'ocupants als vehicles es fa mitjançant la inspecció visual, duta a terme per policies ubicats al que s'anomenen àrees de vigilància.



Font: FHWA

Figura 4.5 Cobrament electrònic de peatges als Express Lanes de la SR 91

4.4 ESTUDI DELS RESULTATS OBTINGUTS

Per encàrrec del Departament de Transport de l'estat de Califòrnia, la Universitat Politècnica d'aquest mateix estat va fer un estudi sobre els impactes que la nova infraestructura havia generat i d'aquesta manera assentar uns coneixements previs que servissin de base a possibles implementacions d'aquest tipus d'estratègies a d'altres llocs.

L'estudi es va dur a terme en dues fases. Durant un primer període, entre els anys 1994 i el juny de 1997, es van analitzar els primers impactes i resultats obtinguts de la implantació dels HOT Lanes. Durant el primer any, anterior a l'obertura dels quatre nous carrils, es van recollir les dades que servirien de base de referència. Els resultats es van publicar el maig del 1998, però pràcticament de forma simultània a la seva publicació es van donar diversos canvis en la gestió dels carrils que es preveïen comportarien importants conseqüències en l'ús i impacte de la infraestructura. Aquests canvis van consistir en:

- Variació de l'horari de peatges el setembre de 1997, el qual per primer cop establí un peatge diferent hora a hora dins de l'hora punta. Fins aleshores es carregava un sol peatge durant el període punta de la tarda, de quatre hores de dilluns a dijous i de sis hores els divendres.
- A partir del gener de 1998 es va començar a carregar un peatge del 50% respecte allò establert als horaris per als vehicles HOV+3, que fins aleshores viatjaven gratuïtament.
- L'octubre de 1998 es va inaugurar la *Eastern Toll Corridor* (ETC), autopista de peatge que competeix amb els Express Lanes en els desplaçaments cap a Irvine i altres punts del sud.
- L'empresa privada CPTC, creadora i encarregada de la gestió dels Express Lanes, va anunciar l'intent de venda de la infraestructura a una empresa pública.

La segona fase d'estudi es va donar entre el juny del 1997 i finals de 1999 i els resultats es van publicar el desembre del 2000. Aquest estudi amplia la focalització del primer, buscant la modelització de la demanda de desplaçaments del corredor així com la modelització de la seva qualitat de l'aire.

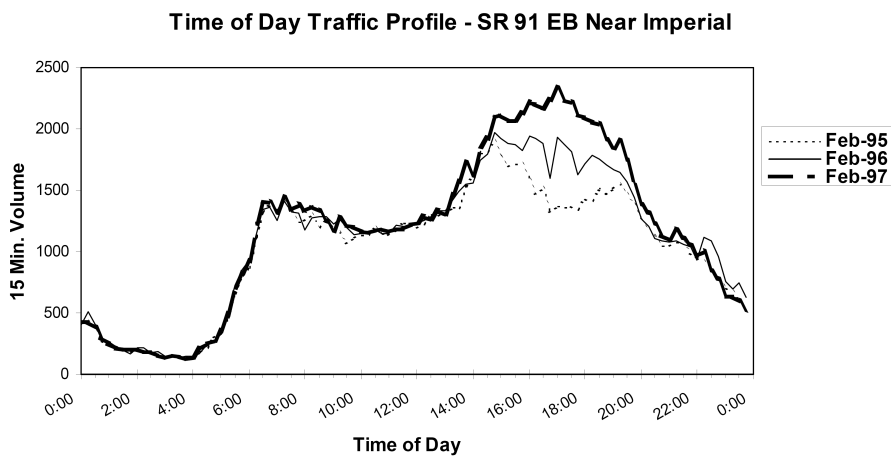
De l'estudi de la Universitat Politècnica de Califòrnia (Sullivan, 2000), se'n deriven els següents resultats:

Resultats Principals:

1. Durant la cresta de l'hora punta, els Express Lanes transporten entre 1400 i 1600 vehicles per hora i per carril, aproximadament el mateix que l'autopista adjacent – és a dir, els quatre carrils gratuïts del mateix sentit – i més del que l'autopista havia pogut transportar en hora punta abans de l'obertura de la infraestructura. Això implica una millora operacional a tota l'autopista així com l'aparició d'una nova opció dins del mateix mode de transport: viatjar sense congestió en aquelles ocasions en què els beneficis de fer-ho superen els costos del peatge.

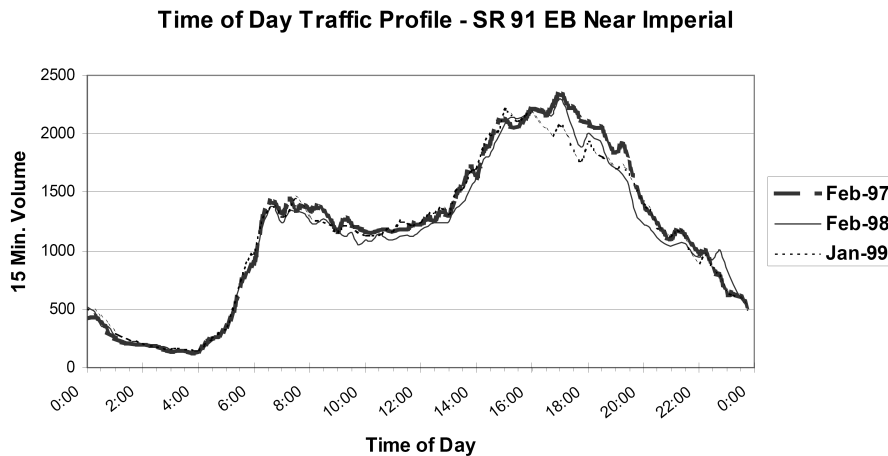
Les Figura 4. 6 i Figura 4.7 mostren la progressió de la distribució de trànsit hora a hora a l'autopista SR 91 en sentit Eastbound, tant als carrils de peatge com als gratuïts.

Es pot observar que fins el Febrer de 1995 l'hora punta de la tarda a la SR 91 durava unes 5 hores, generant-se entre les 14-15h i dissipant-se cap a les 19-20h. A més, el perfil del Febrer de 1995, abans de l'obertura dels Express Lanes, mostra com les condicions de congestió fan que el flux disminueixi durant la major part de la tarda en comparació amb el fluxos assolits durant les hores prèvies i posteriors al període punta. El Febrer de 1996, poc després de l'obertura dels Express Lanes, la congestió pràcticament ha desaparegut i la distribució de volums de trànsit presenta un perfil pràcticament pla durant tot el període punta. Aquest comportament es deu a l'increment de capacitat de la infraestructura i a que encara es manté el model de demanda assolit fins aquest any.



Font: Sullivan ,2000

Figura 4. 6 Volum de trànsit a la SR91 en funció de l'hora. Sentit Eastbound



Font: Sullivan, 2000

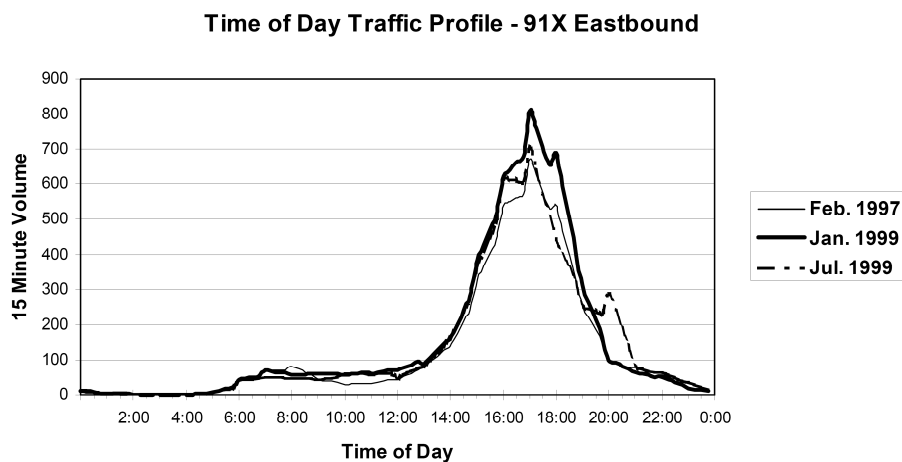
Figura 4.7 Volum de trànsit a la SR91 en funció de l'hora. Sentit Eastbound

A la Figura 4.7 també s'observa que el Febrer del 1997 presenta una punta en el perfil de fluxos, pràcticament simètrica al voltant de les 17h. L'aparició d'aquest pic va ser possible només a l'intercanvi d'una part important dels vehicles del període punta des dels carrils gratuïts de la SR 91 als Express Lanes. Aquest salt progressiu de vehicles als Express Lanes va establir l'equilibri entre les tres variables: el temps estalviat, el preu del peatge i la flexibilitat d'horari per fer el trajecte dels usuaris d'aquests vehicles, el

qual queda representat en la distribució de volums de trànsit del Febrer de 1997. El Febrer de 1998 s'observa pràcticament el mateix perfil que a l'any anterior, però el Gener de 1999 torna a presentar una davallada del flux de vehicles, reflex de la reparació de les condicions de congestió.

2. Els volums de trànsit als Express Lanes són més elevats durant el període punta de la tarda (sentit Eastbound) que durant les hores de congestió del matí. Aquesta característica es va acusar encara més després de l'obertura del ETC.

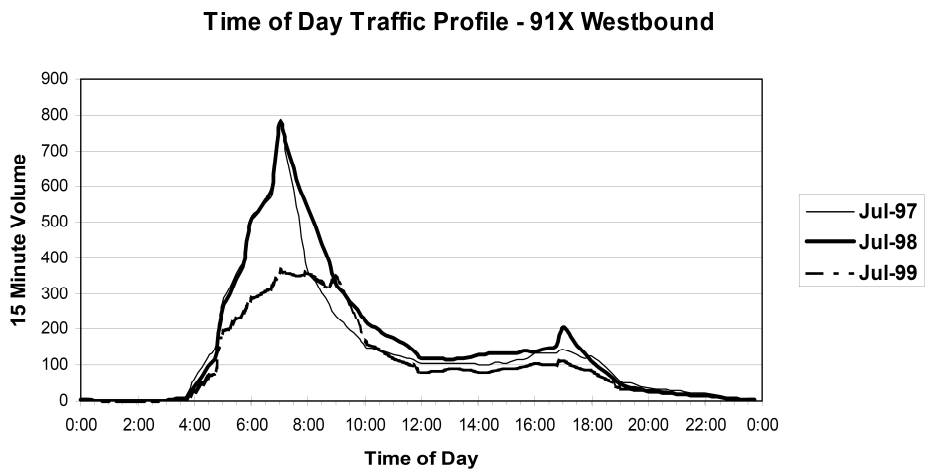
La Figura 4.8 mostra un pic pronunciat en sentit Eastbound del Febrer de 1997 al Gener de 1999. De fet, s'aprecia una distribució de volum de trànsit que sempre té la mateixa tendència, però que el Juliol de 1999 presenta una petita disminució, presumiblement provocada per l'obertura del ETC, via alternativa per segons quins trajectes.



Font: Sullivan, 2000

Figura 4.8 Volum de trànsit als Express Lanes segons l'hora del dia. Sentit Eastbound

Aquesta competència entre els Express Lanes i el ETC encara es fa més evident en sentit Westbound. A la Figura 4.9 es pot veure la important disminució de la distribució de volums de trànsit experimentada el Juliol de 1999, després que l'octubre de l'any anterior s'obris la nova infraestructura.



Font: Sullivan, 2000

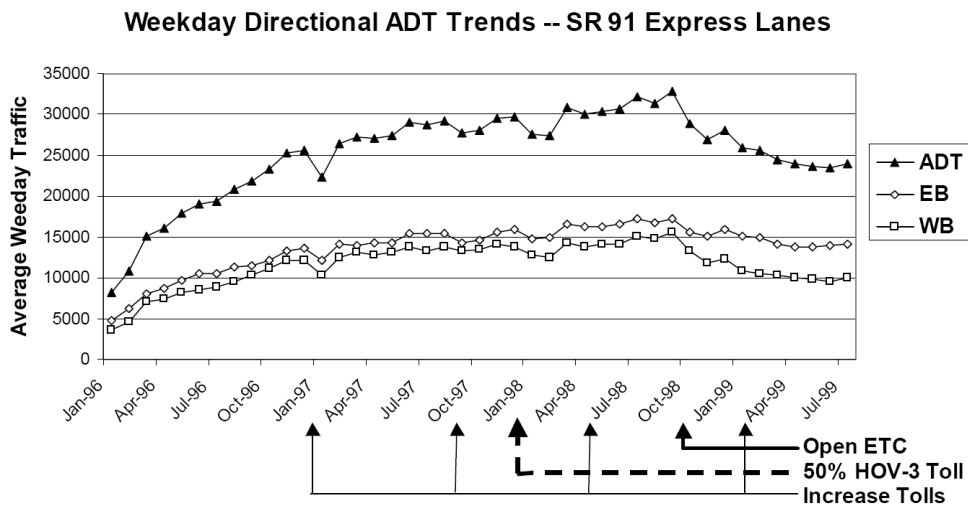
Figura 4.9 Volum de trànsit als Express Lanes segons hora del dia. Sentit Westbound

Quan la destinació dels conductors és alguna població als comtats de San Bernardino o Riverside (sentit Eastbound), triar els Express Lanes garanteix un trajecte de temps conegut, amb bones condicions de circulació, by-passant la línia fronterera. En canvi, si s'escull viatjar pel ETC (SR241), els carrils d'aquesta autopista acaben convergint amb els quatre carrils de la SR91, generant-se un coll d'ampolla que accentua les congestions d'aquesta infraestructura. A més, havent triat aquest trajecte ja no hi ha opció d'accedir als Express Lanes. Per aquest fet l'obertura del ETC no va fer disminuir d'una forma tan acusada el nombre d'usuaris dels Express Lanes en sentit Eastbound.

En sentit Westbound la casuística és totalment diferent. Un cop travessada la frontera entre comtats els conductors que es dirigeixen a Irvine o alguna altra població del sud troben en el ETC una via d'accés més directa. I per accedir a aquesta infraestructura cal circular pels carrils gratuïts de la SR91. Això va fer que després de l'obertura del ETC s'experimentés una davallada de vehicles als Express Lanes en aquest sentit.

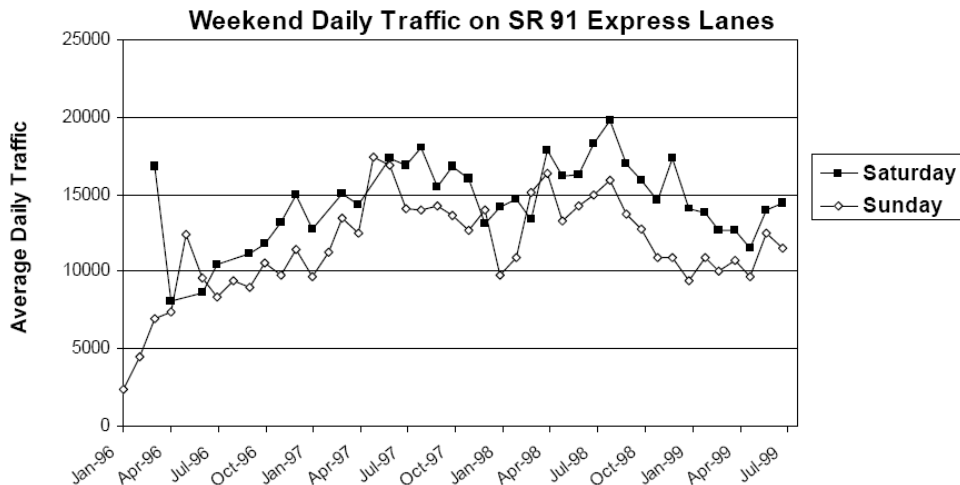
3. L'any 1998, tres anys després de la seva obertura, els Express Lanes van aconseguir una IMD de 33.000 vehicles/dia, el que representa el 14% del trànsit total del corredor (veure Figura 4.10). Aquest volum va representar el 85% del creixement de trànsit del corredor en aquest mateix període. S'estima que un 20% del trànsit que va arribar als Express Lanes durant el primer any d'obertura eren conductors que anteriorment utilitzaven la SR91 però degut a les condicions que presentava havien optat per buscar rutes alternatives.

Entre el sisè i el vuitè mes posteriors a l'obertura de l'Eastern Toll Corridor – autopista de peatge paral·lela a la SR91 – la intensitat de trànsit dels dies laborables als Express Lanes va caure dels 33.000 veh/dia als 24.000 veh/dia. Després es va estabilitzar (veure Figura 4.10). La intensitat mitjana diària dels dies festius no es va veure afectada en tanta mesura per l'obertura de l'Eastern Toll Corridor (veure Figura 4.11)



Font: Sullivan, 2000

Figura 4.10 Tendència de la IMD dels Express Lanes en un dia feiner

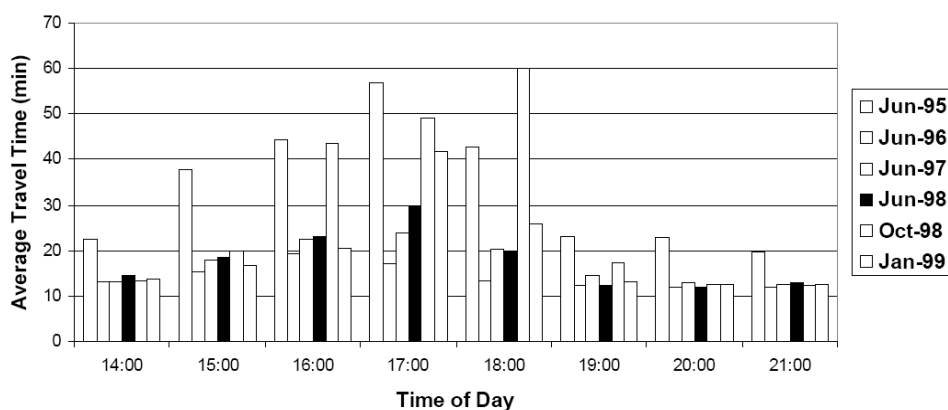


Font: Sullivan, 2000

Figura 4. 11 Evolució de la IMD dels dies festius als Express Lanes de la SR 91

- Existeix una forta correlació entre l'ús dels Express Lanes i els estalvis de temps. Durant el període d'avaluació, el percentatge de viatgers que van emprar els Express lanes va variar entre el 7% del trànsit total de l'autopista registrat l'hora punta del migdia, quan els estalvis de temps són mínims, i el 35% del volum total de trànsit a l'autopista experimentat durant l'hora punta més severa.
- En els sis mesos posteriors a l'obertura dels Express Lanes els retards per congestió van passar dels 30 a 45 minuts habituals a 5 o 10 minuts. Durant els tres anys següents el temps de retard va anar creixent fins tornar a assolir els 30 minuts. A la Figura 4. 12 es pot veure l'evolució del temps mitjà emprat en recórrer els aproximadament 18 km que separen La Palma i Coal Canyon a través dels carrils de la SR91 en sentit *Eastbound* (d'oest a est, és a dir, de tornada a casa) en funció de l'hora del dia. Als temps recollits a l'histograma cal restar-los-hi el temps de trajecte en flux lliure entre aquests punts, que és d'uns 11 minuts.

Travel Times - SR 91 EB, La Palma to Coal Canyon



Font: Sullivan, 2000

Figura 4. 12 Temps mitjà de recorregut segons l'hora a la SR 91 en sentit Eastbound

- El Setembre de 1997 es va adoptar un nou horari de peatges, on per a cada hora del període punta s'assignava un preu, dependent dels nivells de congestió experimentats

anteriorment als carrils adjacents. Fins ara, aquest petit augment de l'import del peatge adoptat anualment no s'ha vist acompanyat per una disminució significativa de la distribució de volum de trànsit. És a dir, els usuaris dels Express Lanes continuen sobrevalorant el temps estalviat al valor del peatge a pagar.

7. Quan inicialment els HOV+3 no pagaven peatge es va experimentar una creixuda puntual superior al 40% d'aquest tipus de vehicles. A partir del gener de 1998, quan es va imposar un peatge del 50% als vehicles d'alta ocupació, aproximadament un terç del trànsit HOV va tornar als carrils gratuïts. La major part d'aquest trànsit HOV real·lotjat es desplaça durant les hores vall i en els períodes previs i posteriors a l'hora punta.
8. De l'estudi dels resultats es deriva que els Express Lanes no influeixen ni en el nombre de viatgers HOV+2 ni en el servei ferroviari del corredor entre els comtats d'Empire-Orange.
9. El percentatge d'usuaris de la SR 91 que empren els Express Lanes ha crescut del 28 al 42% en alguna ocasió durant els tres primers anys de funcionament.
10. Durant el primer any en funcionament el nombre d'usuaris que van decidir compartir cotxe i convertir-se en HOV va ser major que els que van fer el contrari. Aquest comportament es deu tant al fet de poder compartir el pagament del peatge entre els ocupants del cotxe com al dels estalvis de temps resultants.
11. S'ofereixen descomptes als usuaris que utilitzen els Express Lanes més de 20 cops al mes. Només un 12% dels conductors gaudeixen d'aquests descomptes.
12. La primera raó declarada per emprar els Express Lanes és l'estalvi de temps. Aproximadament un terç dels usuaris exposa altres motius, bàsicament sobre la comoditat i seguretat en la conducció. Aquest és el motiu que citen en primer lloc els usuaris que utilitzen els Express Lanes a les hores vall. Aproximadament un 58% dels usuaris d'aquests carrils se senten més segurs dins dels Express Lanes que en els convencionals contra el 14% que s'hi sent més insegur.
13. Dels resultats de l'estudi se'n dedueix que els conductors amb majors ingressos són més propensos a utilitzar els Express Lanes.
14. Les dones que viatgen soles són molt més habituals als Express Lanes, prop del 50% contra el 30% dels conductors homes que viatgen sols. També s'ha comprovat que és molt més fàcil trobar-hi conductors de mitjana edat que no pas joves o de més edat.
15. Els ingressos generats pels Express Lanes van créixer durant els primers anys però van decreixer lleugerament amb l'obertura del Eastern Toll Corridor (ETC). Tot i així, l'augment del preu dels peatges va aconseguir mitigar la major part de l'impacte provocat pel decreixement d'un 25% de trànsit.
16. No es pot considerar que els Express Lanes tinguin un impacte significatiu en el nombre d'accidents de trànsit de la SR-91, tant en ells mateixos com en els carrils adjacents gratuïts.

4.5 CONCLUSIONS

L'acceptació política i social que aquests carrils van trobar són excepcionals. D'una banda la baixa inversió necessària per km i per carril i la possibilitat d'obtenir-ne uns ingressos directes després de la seva posada en funcionament, sumada al fet de la inexistència de competència i les recurrents congestions produïdes a diari van facilitar a l'Estat de Califòrnia trobar una empresa privada disposada a encarregar-se de tot el procediment de finançament, construcció i posterior gestió i manteniment.

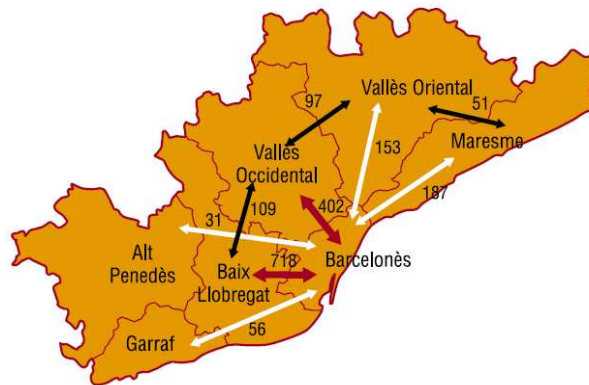
La societat civil també va veure els Express Lanes com una solució als insostenibles embussos que havien de patir cada dia, obtenint una nova alternativa que els garantia arribar al seu destí en un temps molt reduït i en unes condicions de circulació molt millors, amb la corresponent sensació de seguretat al conduir. Això va provocar la tornada del trànsit que ja havia abandonat aquest corredor i la generació de nous desplaçaments per motius d'oci que anteriorment evitaven aquest corredor per les contínues congestions. A més, la política d'incentivar el vehicle compartit va donar uns resultats espectaculars gràcies a la gratuïtat del peatge per als vehicles HOV+3.

Aquestes circumstàncies han fet dels Express Lanes de la SR 91 un projecte d'èxit i un model a seguir, tot i que cal estudiar la casuística de cada emplaçament on es vulgui instaurar una infraestructura d'aquest tipus.

Capítol 5. Aplicació a Barcelona

5.1 EL CAS DE BARCELONA

La comarca del Barcelonès, com a nucli de la Regió Metropolitana de Barcelona, és origen o destinació del 81,9% dels desplaçaments intercomarcals que es produeixen en un dia feiner qualsevol per part de la població d'aquesta zona. Això equival a 1.547.000 desplaçaments diaris a realitzar-se a través dels accessos i sortides viàries de Barcelona (Figura 5.1).



Desplaçaments expressats en milers

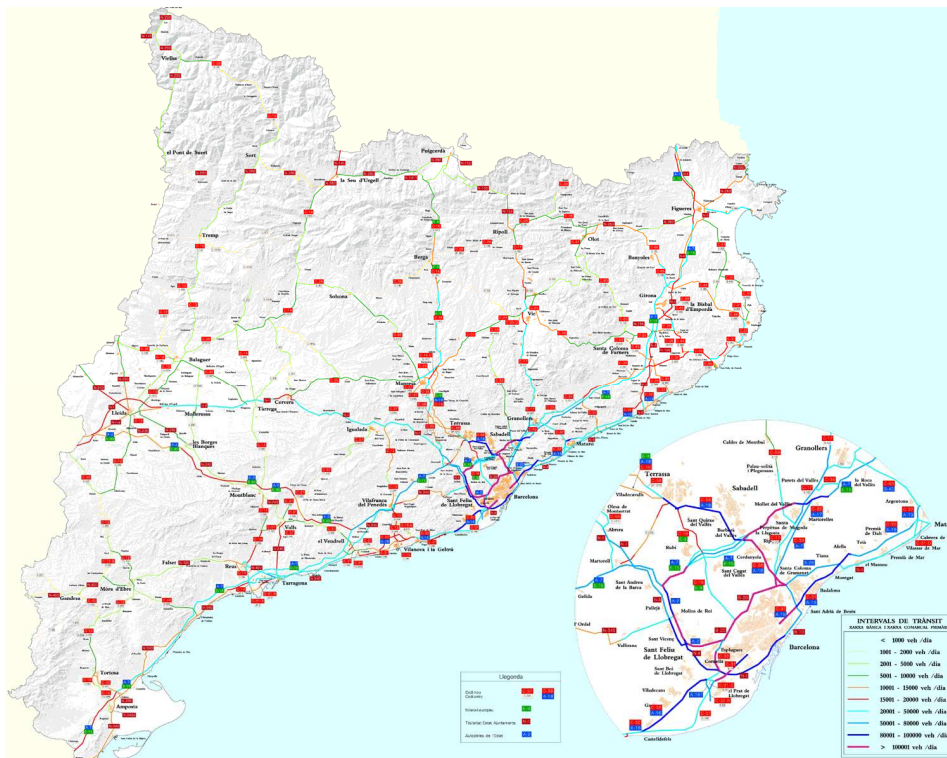
Només s'han considerat fluxos >30.000 desplaçaments/dia, excepte les connexions amb el Barcelonès, que s'han considerat totes

Font: IERMB

Figura 5.1 Fluxos intercomarcals de la RMB. Any 2007

Tot i que també existiran desplaçaments intercomarcals que es faran amb metro, tramvia, bicicleta o inclús a peu, aquests suposen un percentatge tan minse que l'estimació del milió i mig de desplaçaments per carretera segueix essent vàlid.

De la Figura 5.1 es desprèn que el major flux de desplaçaments intercomarcals es dona entre el Baix Llobregat i el Barcelonès (718.000 desplaçaments/dia) en primer lloc i entre el Vallès Occidental i el Barcelonès (402.000 desplaçaments/dia) en segon lloc. Aquestes dades es corresponen amb les importants IMD registrades a les infraestructures viàries que comuniquen aquestes comarques i la ciutat de Barcelona, és a dir, la A-2 des de Molins de Rei – el Papiol i la C-58 des de Barberà del Vallès (Figura 5. 2). Ambdues autopistes van registrar més de 100.001 veh/dia l'any 2001.



Font: Generalitat de Catalunya

Figura 5.2 IMD xarxa viària de Catalunya. Any 2001

Com qualsevol nucli d'una gran regió metropolitana, Barcelona pateix greus problemes de congestió als vials d'accés, sobretot durant les hores de desplaçament de la població activa als seus llocs de treball o durant les hores de tornada a les llars.

Aquest fet es deu a la creixent demanda, incapaç de ser absorbida per l'oferta d'infraestructures existent. I és que, com a qualsevol ciutat important, el nombre d'accessos al nucli urbà és força limitat. En concret, per accedir o sortir de Barcelona actualment es disposa de les infraestructures viàries recollides a la Taula 5.1, podent triar, en la majoria dels casos, entre un desplaçament a través d'una via de peatge o gratuïta.

Taula 5.1 Accessos i sortides de Barcelona

Autopista de peatge	Concessionària	Sentit	Infraestructura paral·lela
AP-2	ACESA	Molins Rei – El Papiol	A2
AP-7	ACESA	Frontera – Salou	---
C-32	ACESA	Montgat – Palafolls	A2/ NII
C-33	ACESA	Barcelona – Montmeló	C-17
C-32	AUCAT-abertis	Castelldefels – Vendrell	C-31
C16	TABASA	Sant Cugat – Manresa	C-58

Font: Elaboració pròpia

Cal afegir que també és causant d'aquesta situació la filosofia dels ciutadans a l'hora de triar el mode de transport, ja que si bé potser no existeix una infraestructura òptima pel que fa al transport públic entre comarques o poblacions adjacents a la ciutat de Barcelona sí es podria mirar de millorar l'ocupació dels vehicles.

El resultat de tots aquests condicionants és el patit per milers de ciutadans: retencions durant amplis períodes de temps, tant al matí com a la tarda, amb les respectives pèrdues de temps i la seva producció associada, l'increment innecessari de les despeses en combustible i un fort deteriorament de la qualitat de vida de tota la població així com del medi ambient.

Que cal combatre aquesta problemàtica des del punt de vista de la demanda vers el de l'oferta es fa evident en els nuclis de les grans regions metropolitanes. I no és que no es pugui invertir capital en l'augment de la capacitat de les infraestructures existents, però la manca d'espai en aquests àmbits dificulta i encareix l'execució de noves infraestructures d'una forma desproporcionada pels beneficis obtinguts.

A més, convindria canviar la filosofia i mirar de gestionar millor allò del què es disposa en comptes de consumir els limitats recursos naturals de què es disposa en aquestes zones, ja de per si força deteriorades.

L'Autoritat del Transport Metropolità (ATM) de Barcelona i Túnel i Accessos a Barcelona S.A. (Tabasa) ja han fet un primer pas, la primera en l'estudi de la rendibilitat de la implantació de carrils BUS-VAO als diferents accessos a la ciutat i la segona en la inversió en l'execució de les obres de construcció d'un carril BUS-VAO a l'Autopista del Vallès o C-58.

Amb aquesta actuació es vol optimitzar el nombre de persones que empren l'autopista i no tant el nombre de vehicles que hi circulen.

5.2 EL FUTUR CARRIL BUS-VAO A BARCELONA

El dia 24 de Juliol de 2.008 es va presentar a licitació el projecte constructiu per a l'execució del "CARRIL RESERVAT PER A AUTOBUSOS A L'AUTOPISTA C-58 ENTRE EL NUS DE RIPOLLET I L'AVINGUDA MERIDIANA", redactat per la Unió Temporal d'Empreses consultores CICSA – INGÉROP el desembre de 2.007. Les obres d'execució del projecte es van adjudicar a la Unió Temporal d'Empreses formada per les constructors OHL i Copcisa.

En aquest projecte constructiu es descriu com serà el futur HOV lane projectat per a l'entrada i sortida de Barcelona a través de l'Autopista del Vallès, la C-58. Bàsicament el projecte consisteix en l'execució de dos carrils BUS-VAO reversibles, ambdós amb el mateix sentit de circulació, de pràcticament 7 km (6,825 km) de longitud. El projecte constructiu no defineix en quina franja horària es circularà sentit Barcelona o Sabadell als carrils, deixant-ho a elecció de l'empresa o organisme encarregat de la gestió. De fet aquesta via, amb una IMD superior als 120.000 vehicles diaris, presenta dificultats tant d'entrada com de sortida a la ciutat comtal pràcticament durant totes les franges horàries.

5.2.1 Morfologia

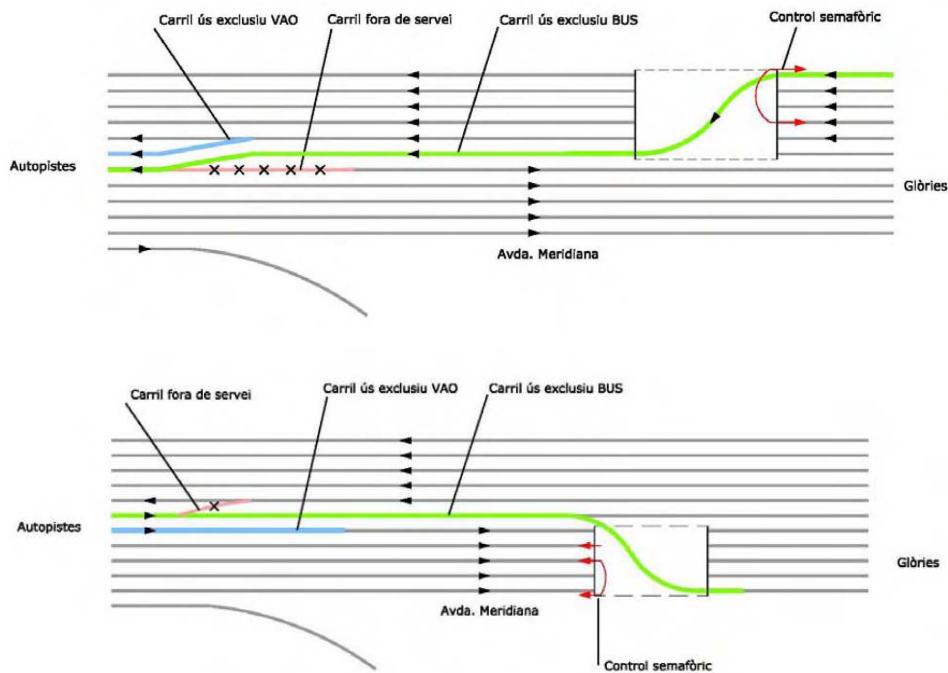
El projecte preveu la incorporació d'aquests dos nous carrils al tram comprès entre la sortida de Barcelona per l'Avinguda Meridiana – des de la seva intersecció amb l'Avinguda de Rio de Janeiro – fins el nus de Ripollet, al terme municipal de Montcada i Reixach. La ubicació d'aquests carrils es dona a l'espai comprès entre les autopistes C-58 i C-33 a la sortida de Barcelona, i a la mitjana de la C-58 quan ja recorren per aquesta autopista (Llongueras, 2007). La mitjana existent entre autopistes té una amplada de 4m, fet pel qual es fa necessari desplaçar els carrils d'ambdues

infraestructures amb l'objectiu d'encabir-hi els dos nous carrils de 3,50 m d'amplada cadascun.

Es vol conservar en tot moment el nombre actual de carrils de què disposa la C-58, de manera que la creació d'aquesta nova infraestructura no sigui en detriment de la capacitat de l'actual i sorgeixi una oposició pública per haver de pagar per un servei que anteriorment era gratuït.

La construcció dels nous carrils serà complexa, donat que cal construir diverses obres de fàbrica i passos a diferent nivell per tal de proporcionar accessos als autobusos i vehicles que vulguin incorporar-se a la nova infraestructura. Només es podrà accedir a la nova infraestructura des dels dos extrems, és a dir, des de la Meridiana i des del Nus de Ripollet. No hi haurà accessos intermitjos.

En concret, a la Meridiana aquestes incorporacions o sortides es faran a nivell, creant dos nous carrils a la mediana actual. En sentit sortida de Barcelona es crearà una nova fase semafòrica que permeti el creuament dels autobusos per davant de la resta de carrils i així accedir als carrils BUS-VAO. Pel que respecta als vehicles privats, aquests es podran incorporar als nous carrils a través del carril esquerre de la Meridiana. En sentit entrada a Barcelona novament es crearà una fase semafòrica per tal que els autobusos puguin arribar fins el carril dret de la Meridiana. Els vehicles privats tindran una incorporació directa al carril esquerre d'aquesta via (Figura 5. 3).



Font: Llongueres, 2007

Figura 5. 3 Accessos als carrils BUS-VAO des de la Meridiana. Superior: sentit Sabadell. Inferior: sentit Barcelona.

Al nus de Ripollet els accessos presenten més dificultat. En aquest tram és imprescindible la construcció d'una estructura que permeti una incorporació directa dels vehicles i autobusos que accedeixen a la C-58 en sentit Barcelona i volen circular pels carrils BUS-VAO, havent de passar per sobre del traçat de la C-58. També ha de permetre la incorporació dels vehicles que ja circulen per la C-58. Quan la

infraestructura funcioni en sentit Sabadell ha de proporcionar les mateixes opcions, però aleshores de sortida dels carrils BUS-VAO (Figura 5. 4).

Aquestes necessitats de mobilitat comporten l'execució d'una complexa estructura amb tres branques i que presenti un gàlib suficient per permetre la circulació als carrils convencionals de la C-58 (Figura 5. 5). D'aquestes tres branques una de les laterals sempre estarà tancada al trànsit en funció del sentit de circulació amb què funcioni la infraestructura.

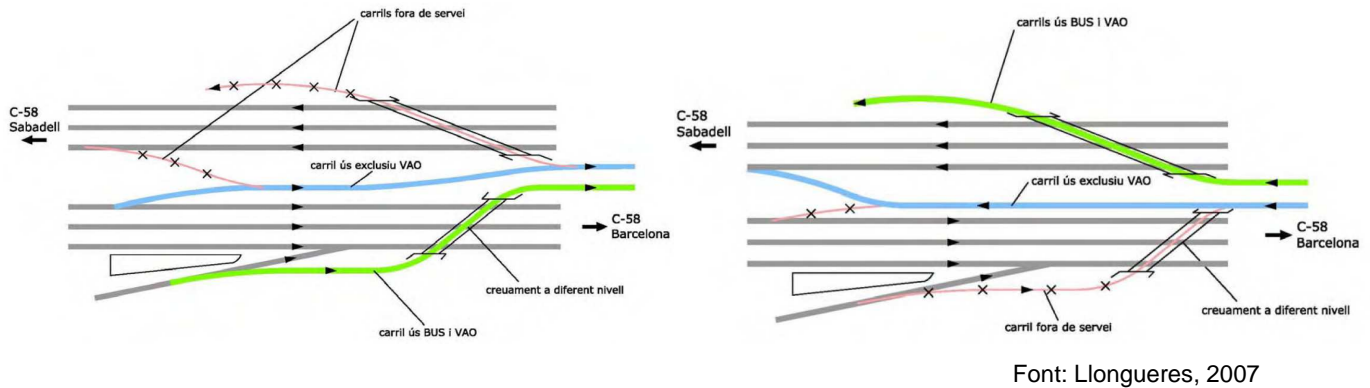


Figura 5. 4 Accessos als carrils BUS-VAO des del Nus de Ripollet
Esquerra: sentit Barcelona. Dreta: sentit Sabadell



Font: Llongueres, 2007

Figura 5. 5 Estructura d'accés als carrils BUS-VAO al Nus de Ripollet

Entre els PK 1+200 i PK 1+700 la C-58 discorre sobre viaductes, un per sentit. En aquest tram està previst executar un tercer viaducte ubicat entre els dos existents i a una cota més elevada. Aquest viaducte consistirà en una gelosia metàl·lica de secció transversal triangular formada per dos cordons superiors i un d'inferior, amb un cantell entre eixos de 2,70m i, en planta, una distància entre eixos de 6m. El tauler és mixt i de secció constant 11,50m, on hi haurà els dos carrils de 3,50m, dues voreres d'1,50m i un espai lliure a banda i banda per a la col·locació de la imposta i les barreres de seguretat.



Font: Llongueres, 2007

Figura 5.6 Tram en viaducte dels carrils BUS-VAO.

La incorporació d'aquest tercer viaducte en una cota superior fins al traçat de la C-58, a nivell del terreny, es fa a través d'una estructura de pèrgola que passa per sobre del traçat d'una de les calçades de la C-33 fins col·locar-se a la mediana d'aquesta autovia, on disminueix de cota per acabar penetrant a la Meridiana a cota del terreny (Figura 5.7).



Font: Llongueres, 2007

Figura 5.7 Pèrgola entre el viaducte BUS-VAO i els accessos de la Meridiana

Finalment caldrà ampliar els viaductes sobre torrents i rieres per desplaçar els carrils actuals cap a l'exterior i encabir-hi els nous, així com l'execució de noves passarel·les peatonals que substitueixin les que actualment es veuen afectades per l'increment de cota de la C-58.

5.2.2 Senyalització i control

Donat el caràcter reversible dels nous carrils s'instal·larà la senyalització, abalisament i control d'accessos necessaris per garantir la seguretat de tots els usuaris de la C-58.

Els accessos es podran obrir i tancar de forma remota o a peu de l'autopista, des d'una caseta de control local ubicada al PK 6+000 de la C-58. Els elements de tancament o obertura dels accessos consistiran en barreres tipus frontissa combinades amb

abalisament de senyalització lluminosa encastada a terra i, en la majoria de casos, semàfor o senyalització variable.

La senyalització variable es resoldrà amb panells d'informació variable (PIV), que indicaran l'estat dels carrils (obert/tancat) o qualsevol altre tipus de missatge. Aquesta senyalització variable també es col·locarà abans dels accessos als carrils BUS-VAO, indicant el temps de recorregut tant a través d'aquests com de la resta de carrils, posant de manifest el rendiment d'incorporar-s'hi.

S'instal·laran espires per tot el paviment i càmeres de lectura de matrícules mitjançant OCR als accessos de la infraestructura. Amb aquests mitjans es calcularà la velocitat de recorregut dins els carrils BUS-VAO.

Finalment també s'instal·laran càmeres de seguiments que cobreixin el 100% de la instal·lació, considerant un abast d'un quilòmetre.

Tots aquests elements estaran supervisats i seran dirigits per un programari en funcionament permanent amb les següents funcions:

- Actuar sobre les tanques, abalisament i semàfors per obrir i tancar els accessos. Informar permanentment de l'estat dels carrils reversibles i els elements esmentats.
- Actuar sobre els panells d'informació variable i els panells gràfics creu/ fletxa
- Determinar els nivells de servei dins els carrils reversibles
- Control de les càmeres de supervisió i els elements ETD
- Establiment de rutines d'obertura i tancament d'accessos basades en horaris
- Històrics d'equipaments i senyalització

En resum, les tecnologies ITC del les quals disposarà la nova infraestructura són les característiques d'una infraestructura HOT:

- Panells de senyalització variable
- Senyal d'Ús de Carril (LUS: Lane Use Signal)
- Circuit Tancat de Televisió (CCTV: Closed Circuit Television System)

I a més ja disposa d'ETD's, equips dissenyats per a detectar el pas de vehicles a través de llaços inductius distribuïts a la calçada i gestionar les dades per obtenir valors de diferents variables de trànsit, com són:

- Intensitat (veh/hora)
- Velocitat (km/h)
- Longitud (dm)
- Ocupació (%)
- Separació entre vehicles (dècimes de segon)
- Classificació de les categories dels vehicles, segons velocitat i longitud
- Detecció automàtica del sentit del trànsit

5.2.3 Anàlisi crítica de la solució adoptada

El projecte constructiu defineix el traçat i la tipologia estructural dels dos carrils que conformaran la nova infraestructura a l'Autopista del Vallès, però no descriu el règim de funcionament. Únicament explicita els vehicles que hi tindran accés: autobusos i altres vehicles d'alta ocupació, entenent com a tals aquells ocupats per dues o més persones.

L'execució d'aquesta nova infraestructura es podria veure com una actuació sobre l'oferta, ja que es tracta de nova obra civil que amplia la capacitat de la via en un sentit o l'altre, segons l'hora analitzada. Tot i així, el fet que no siguin uns carrils oberts a qualsevol tipus de vehicles, sinó només als d'alta ocupació, fa que la intervenció també tingui una component d'actuació sobre la demanda. Per tant ens trobem amb una intervenció de caràcter mixt. Però, seria aquesta la solució òptima?

Per què s'ha optat per uns carrils BUS-VAO+2? Es preveu que un requeriment d'ocupació de tres o més persones als vehicles no tindria prou demanda? Es garanteix una millora dels Nivells de Servei i un estalvi de temps significatius amb aquesta ocupació dels vehicles? La nova infraestructura ofereix capacitat sobrera suficient per fer rendible la implantació d'un HOT lane? O potser tota la instal·lació necessària per al control i funcionament de l'actuació prevista comporta unes despeses innecessàries si es compara amb els beneficis que s'obtidria de permetre l'accés de tot tipus de vehicles als nous carrils?

Al capítol 7 es fa una anàlisi dels possibles escenaris a considerar, des del que es proposa al projecte constructiu, amb l'accés de vehicles de dos o més ocupants, fins als escenaris resultants d'anar incrementant els requeriments d'ocupació dels vehicles, la instauració de carrils HOT i finalment l'escenari de no actuar sobre la demanda de la infraestructura, sinó sobre l'oferta, augmentant la capacitat de la via en un sentit de circulació i permetent a qualsevol vehicle accedir als nous carrils.

En primer lloc s'analitzarà la situació dels 7 km de la C-58 que patiran aquesta transformació en el moment de la posada en funcionament dels dos nous carrils BUS-VAO. Els nivells de servei experimentats en funció del PK i de l'hora així com les velocitats de circulació en aquests trams i els temps de recorregut associats. De l'estudi d'aquests paràmetres es veurà quin és el sentit de circulació més afectat per la congestió en cada tram horari i es podrà fer una proposta de règim de funcionament dels nous carrils reversibles.

En segon lloc s'estudiarà quina situació oferirà la nova infraestructura, amb uns requeriments d'ocupació dels vehicles de dues o més persones. Es trobaran els nivells de servei i els temps de trajecte associats, que permetran avaluar el cost de la congestió.

El tercer escenari considera l'opció d'exigir una ocupació major dels vehicles que vulguin accedir als nous carrils, amb un mínim de tres ocupants. De nou es buscaran els nivells de servei assolits i els costos generats, que es compararan amb els del segon escenari. D'aquesta manera es podrà veure quins requeriments d'ocupació comporten un major estalvi en els costos de congestió.

El quart escenari vol aprofitar la capacitat sobrera a la nova infraestructura un cop ja han accedit els vehicles que compleixen els requeriments d'ocupació i estudia els resultats obtinguts de la instauració de carrils HOT amb peatges de diferents preus.

La descripció del procediment seguit en l'obtenció dels nivells de servei, els temps de trajecte en cadascun dels escenaris estudiats i els costos de congestió s'explica al Capítol 6.

Capítol 6. Metodologia de treball

6.1 OBJECTIU I EINES

L'objectiu d'aquest capítol és la definició del procediment de treball que s'ha seguit en l'obtenció de les variables i paràmetres que han servit per a l'anàlisi dels diferents escenaris.

Les variables amb què s'ha realitzat l'estudi són el Nivell de Servei, les velocitats de circulació, el temps de trajecte i els costos de congestió. Les eines de treball han estat el Manual de Capacitat, publicat per l'americana Transportation Research Board (TRB), i l'aplicació de tractament de fulls de càlcul Microsoft Office Excel.

6.2 DISPONIBILITAT DE DADES I DOCUMENTACIÓ

Les dades i documents dels quals s'ha disposat durant la redacció d'aquesta tesina són els següents:

1. La intensitat de vehicles cada 15 min, per cada PK i en cada sentit de circulació de l'Autopista del Vallès (C-58) entre les 6h i les 22h. Aquesta intensitat és la mitjana obtinguda a partir de les mesures recollides durant quatre dies laborables del mes d'Octubre de 2006.
2. Les velocitats de circulació cada 15 min, per cada PK i en cada sentit de circulació de l'Autopista del Vallès associades a les intensitats anteriors. Aquestes velocitats també són la mitjana obtinguda a partir de les mesures recollides els quatre dies laborables del mes de d'Octubre de 2006.
3. Les dades de l'estació d'aforament permanent ubicada al PK 6+002 (Nus de Ripollet) de l'Autopista del Vallès corresponents als anys 2006 i 2007.
4. Els percentatges d'ocupació dels vehicles que utilitzen els túnels de Vallvidrera.
5. L'"Estudi de viabilitat de la implantació de carril BUS a les vies d'accés a Barcelona", redactat el Novembre de 2002 per l'Autoritat del Transport Metropolità.
6. L'estudi informatiu del "Carril reservat per a autobusos a l'autopista C-58 entre el Nus de Ripollet i l'Avinguda Meridiana", redactat per GISA el juny del 2001.
7. "Proyecto Congestión. Resultados de la encuesta de percepción" document redactat per l'empresa OPINOMETRE S.L., Estudis de Mercat i Opinió Pública, el Desembre de 2006 sota l'encàrrec del RACC. Aquest document inclou l'anàlisi de les preferències declarades dels usuaris dels corredors d'accés a Barcelona.

6.3 PROCEDIMENT SEGUIT

L'objectiu de la tesina és obtenir una valoració tant qualitativa com quantitativa dels diferents escenaris possibles a partir del moment de la posada en funcionament dels dos nous carrils de la C-58.

L'anàlisi qualitatiu s'ha fet calculant els Nivells de Servei de cada calçada – la que conté els nous carrils BUS-VAO i la de cada sentit de circulació de la C-58 – a cada hora i en cada punt quilomètric. La metodologia seguida ha estat la proposada al Manual de Capacitat per al cas d'autopistes.

Respecte a l'anàlisi quantitatiu, aquest s'ha fet obtenint el cost de la congestió tant en nombre d'hores invertides en retencions com el valor de la producció perduda a causa de la congestió.

El cost en hores s'ha calculat obtenint les *hores de més* que els vehicles passen a les infraestructures, entenent aquestes com el temps suplementari invertit en el trajecte a causa de la congestió. Això és, el temps resultant de restar al temps de trajecte real el temps de trajecte estimat si es circula a velocitat lliure.

El cost en producció perduda a causa de la congestió s'ha avaluat com el producte dels ocupants del vehicle pel nombre d'hores invertides en congestió multiplicat pel preu salarial mitjà d'una hora, valorat en 9,2 €/h/persona (Esquiús, 2008).

Conegudes les variables a trobar de cada escenari, es passa a descriure en detall el procediment seguit en la seva obtenció així com les simplificacions i hipòtesis fetes.

6.3.1 Escenari 0. Situació en el moment de la posada en funcionament

Actualment, als darrers set quilòmetres d'accés a Barcelona la C-58 disposa de tres carrils per sentit, amb una amplada de 3,5m per carril, vorals variables però sempre existents tant a la dreta com a l'esquerra de la calçada i existeixen set incorporacions i sortides a la via.

La Figura 6. 1 representa quina ha estat la divisió en PKs que s'ha fet de la C-58, en cada sentit de circulació. Les dades d'intensitat de què es disposa corresponen a la mitjana dels valors registrats cada 15 minuts durant quatre dies laborables de l'Octubre de 2006.

El primer que caldrà fer és tractar aquestes dades. Amb les intensitats de vehicles de què es disposa es poden obtenir les Intensitats horàries de cada PK de la C-58 i en cada sentit de circulació entre les 6h i les 22h d'un dia mitjà del mes d'Octubre de 2006. Simplement cal sumar les intensitats de cada quart d'hora.

De l'anàlisi de les dades de l'estació d'aforament permanent corresponents a l'any 2006 s'ha observat que el mes amb majors intensitats de trànsit va ser el Maig. Com que es vol treballar amb els volums d'intensitat més desfavorables s'han transformat les dades del mes d'Octubre en les seves equivalents per al mes de Maig. Això s'ha aconseguit multiplicant cada intensitat horària del mes d'Octubre per un coeficient igual al quocient dels coeficients d'estacionalitat de cadascun dels mesos (expressió 6.1):

En aquest moment, i mitjançant el Manual de Capacitat, ja es poden determinar els nivells de servei que s'experimentaran el mes de més trànsit de l'any 2012 a la C-58, per PK, hora i sentit de circulació.

L'obtenció d'aquests depèn del valor que prengui la variable densitat equivalent, d'unitat *vehicles/km/carril*, la qual transforma una Intensitat horària en el nombre equivalent de vehicles de passatgers per cada quilòmetre i carril. El nivell de servei associat a cada densitat es recull a la Taula 6. 1.

Taula 6. 1 NdS en funció de la Densitat equivalent

Nivell de Servei	Densitat equivalent (<i>veh/km/carril</i>)
A	0 - 7
B	> 7 - 11
C	> 11 - 16
D	> 16 - 22
E	> 22 - 28
F	> 28

Font: Manual de Capacitat

El càlcul de la D_{eq} es fa mitjançant l'expressió (6.3)

$$D_{eq} = \frac{IPE}{s} \quad (6.3)$$

On:

IPE: Intensitat Punta Equivalent
s: Velocitat de circulació

Per tant el primer que ha calgut fer ha estat transformar totes les intensitats de què es disposa en Intensitats Punta Equivalent. La transformació de les intensitats horàries en intensitats punta equivalent s'ha fet segons l'expressió (6.4)

$$IPE = \frac{IH}{FHP \cdot N \cdot f_{HV} \cdot f_e} \quad (6.4)$$

On:

IH: Intensitat Horària
FHP: Factor d'Hora Punta
N: Nombre de carrils
f_{HV}: Factor de vehicles pesats
f_e: Factor d'experiència dels conductors

El FHP s'ha calculat per ambdós sentits de circulació, i queda recollit a la Taula 6. 2. Aquest valor s'obté com el quocient de la intensitat de vehicles de l'hora amb major volum de trànsit entre quatre vegades la intensitat de vehicles del quart d'hora amb més trànsit d'aquella hora.

Taula 6. 2 Factors d'Hora Punta a la C-58

	Sentit: Sortida de Barcelona	Sentit: Entrada a Barcelona
FHP	0,86	0,88

Font: Elaboració pròpia

El nombre de carrils ha introduir a la fórmula és per sentit de circulació, essent tres per a la C-58.

El factor de vehicles pesats es pot calcular a partir de l'expressió (6.5)

$$f_{HV} = \frac{100}{100 - \%p - \%p \cdot E} \quad (6.5)$$

On:

%p: Percentatge de vehicles pesats de la via

E: Coeficient d'equivalència de vehicles pesats a vehicles lleugers

El percentatge de vehicles pesats s'ha obtingut de les dades recollides per l'estació d'aforament permanent ubicada al PK 6+002 de la C-58, al Nus de Ripollet, i és d'un 6,62%.

El coeficient d'equivalència de vehicles pesats a vehicles de passatgers depèn del terreny. S'ha agafat un valor igual a 1,5 donat que aquests set quilòmetres de la C-58 no presenten grans ondulacions, sinó que és un tram més aviat planer.

Finalment, el factor d'experiència dels conductors adoptat és 1, donat que es considera que els conductors que circulen per aquesta via d'accés a Barcelona els dies laborables són conductors habituals.

Amb l'obtenció de tots aquests coeficients i introduint-los a la fórmula (6.4) ja es poden trobar les Intensitats Punta Equivalents de cadascuna de les intensitats horàries de què es disposa.

El càlcul de la velocitat de circulació, *s*, s'ha fet seguint les expressions que dona el Manual de Capacitat:

$$s = FFS - \left[\frac{1}{28} \cdot (23FFS - 1800) \cdot \left(\frac{IPE + 15FFS - 3100}{20FFS - 1300} \right)^{2,6} \right] \quad (6.6)$$

$$s = FFS \quad (6.7)$$

On:

FFS: Velocitat lliure de circulació

IPE: Intensitat Punta Equivalent

S'emprarà la primera expressió (6.6) quan es compleixi la condició (a), mentre que l'expressió (6.7) és vàlida si es compleix (b).

$$(3100 - 15FFS) < IPE \leq (1800 + 5FFS) \quad (a)$$

$$IPE \leq (3100 - 15FFS) \quad (b)$$

S'ha considerat que la velocitat lliure de circulació de la C-58 en els set quilòmetres afectats per la transformació és de 90 km/h. L'elecció d'aquesta velocitat s'ha basat en què, tot i que avui dia existeix una limitació de la velocitat de circulació a 80 km/h en els darrers dos quilòmetres d'accés a Barcelona, el Manual de Capacitat exigeix una velocitat mínima de 90 km en una autopista per poder aplicar les expressions anteriors. Així doncs, el valor de la variable *FFS* introduïda a les expressions (6.6) i (6.7) ha estat 90 km/h.

Introduint el valor de *s* obtingut de les expressions (6.6) o (6.7) i la *IPE* de cada hora, cada PK i cada sentit de circulació a l'expressió (6.3) s'obté la densitat equivalent, D_{eq} . Finalment només cal mirar a la Taula 6. 1 a quin Nivell de Servei correspon cadascuna de les densitats trobades.

Conèixer els Nivells de Servei de la C-58 en el moment de la posada en funcionament per cada PK, a cada hora i en ambdós sentits de circulació dóna una primera visió qualitativa de la situació de la via. La representació gràfica d'aquesta situació es pot veure de la Figura 7. 1 a la Figura 7. 4.

Amb aquests coneixements ja es pot fer una proposta de les hores en què cal millorar el servei que s'està oferint a l'usuari de la infraestructura. En concret, el règim de funcionament proposat es pot veure a la Taula 7. 2. A més, es pot fer una valoració quantitativa.

Per al càlcul dels costos associats a la congestió s'ha treballat amb les velocitats i temps de desplaçament.

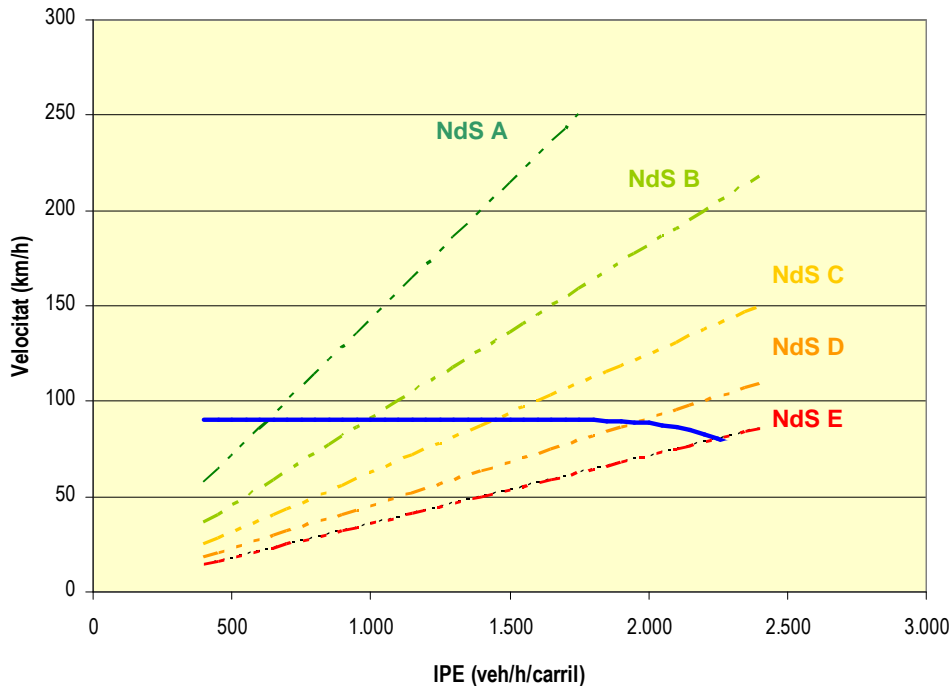
Les dades de què es disposa per fer aquests càlculs són les intensitats horàries de cada PK i sentit de circulació de l'any 2006 i les corresponents velocitats de circulació associades. Tot i així, després de fer-ne l'estudi conjunt s'ha detectat incongruències entre les variables. Per exemple, s'ha detectat que per a una mateixa intensitat de vehicles experimentada a diferents PK a diferents hores es dóna una variació entre velocitats de més de 20km/h. O fins i tot que entre dos valors d'intensitat de vehicles diferents, al valor major d'intensitat li correspon el valor menor de la velocitat.

Davant d'aquest problema i donat que no s'ha sabut justificar el perquè d'aquest fet ni trobar la forma per corregir les incongruències s'ha optat per calcular les velocitats associades a cadascuna de les intensitats mitjançant les eines de què es disposa.

Això s'ha aconseguit creant una taula de valors a partir de les expressions (6.6) i (6.7) i la seva gràfica associada, tal i com la que es dóna al Manual de Capacitat, on a l'eix d'abscisses es col·loca la intensitat punta equivalent i a l'eix d'ordenades la velocitat de circulació. Fixant que la velocitat lliure de circulació és 90km/h la gràfica obtinguda és la representada a la Figura 6. 2.

D'aquesta manera es pot conèixer la velocitat mitjana associada a cada intensitat punta equivalent així com el nivell de servei que ofereix la infraestructura. Cal destacar, però, que el Manual de Capacitat no és capaç de determinar quina és la velocitat mitjana de circulació quan els vehicles es troben amb un nivell de servei F, és a dir, quan es produeixen retencions en algun moment, ja tinguin una durada de segons com d'hores. Quan s'ha donat aquest cas s'ha adoptat una velocitat mitjana de circulació de 45km/h.

Sabent que el temps necessari per recórrer set quilòmetres circulant a velocitat lliure (90km/h) és de 4,7 minuts s'està en condicions de veure quin és el temps invertit pels vehicles en congestió. Coneixent la velocitat a què circula un vehicle quan es dona un intensitat punta equivalent determinada podem trobar quin és el temps que necessita per recórrer els mateixos set quilòmetres. La diferència entre el temps de trajecte associat a cada intensitat de vehicles i els 4,7 minuts necessaris a velocitat lliure és el temps perdut en congestió.



Font: Elaboració pròpia a partir del Manual de Capacitat

Figura 6. 2 Velocitat de circulació i nivell de servei associats a una IPE

Multiplicant el nombre de vehicles registrats cada hora pels minuts perduts a causa de la congestió que experimenta cadascun d'ells segons l'hora i sumant el resultat per a cada sentit de circulació s'obté el cost en hores que la congestió provocarà l'any 2012, just abans de l'obertura dels nous carrils d'alta ocupació.

Per trobar la pèrdua de producció que comporta la congestió s'ha multiplicat el nombre d'ocupants de cada vehicle pel nombre d'hores invertides en congestió i pel valor econòmic d'una hora, que s'ha fixat en 9,2 €/h/persona.

L'ocupació de vehicles assumida per al càlcul d'aquests costos és la facilitada per MCRIT, ocupació mitjana experimentada als Túnel·ls de Vallvidrera i que es recull a la Taula 6. 3.

Taula 6. 3 Ocupació mitjana dels vehicles als Túnel·ls de Vallvidrera

Ocupants / vehicle	% vehicles
1 Ocupant	75 %
2 Ocupants	18,7 %
3 Ocupants	4,7 %
4 Ocupants	1,5 %
5 Ocupants	0,1 %

Font: MCRIT, 2007

6.3.2 Escenari 1. Ocupació mínima: dues persones

En aquest escenari només es permet l'accés al carrils BUS-VAO dels vehicles amb dos o més ocupants. La resta han de seguir circulant per les calçades de la C-58.

Les dades i eines amb què es treballarà són:

- Les intensitats horàries corresponents al mes de Maig de l'any 2012 trobades a l'escenari 0
- Les expressions (6.6) i (6.7), associades a la Figura 6. 2, amb les quals es pot trobar la velocitat de circulació mitjana associada a cada Intensitat Punta Equivalent
- L'ocupació mitjana dels vehicles recollida a la Taula 6. 3

La tramificació de la C-58 que s'emprarà com a base per a l'estudi correspon a la divisió representada a la Figura 6. 1.

Si en el moment d'obertura dels nous carrils el requeriment d'ocupació mínima és de dues persones vol dir que, en sentit sortida, tindran accés a la nova infraestructura el 25% dels vehicles existents al PK 0+000 de la C-58 que són els que tenen dos o més ocupants (veure Taula 6. 3). En sentit d'entrada a Barcelona també serà el 25% dels vehicles existents al PK 7+000 de la C-58 els que compliran els requeriments d'ocupació.

Però tal i com es pot veure a la Figura 6. 1, els vehicles existents al PK 0+000 en una hora determinada poden provenir tant de la Meridiana, autèntics usuaris potencials dels carrils BUS-VAO, com del Nus de la Trinitat. En aquest darrer cas els vehicles no tindran accés als nous carrils donat que no existeixen accessos intermitjos. Això fa que les intensitats de vehicles que s'ha trobat que compleixen l'ocupació exigida també s'hagin de multiplicar per un coeficient de distribució entre diferents vials.

En concret, en sentit de sortida de Barcelona, i a falta de més dades, s'ha considerat que només un terç dels vehicles que passen pel PK 0+000 de la C-58 provenen de la Meridiana, estimant que els altres dos terços de vehicles vénen de la Ronda Litoral o de la Ronda de Dalt, passant pel Nus de la Trinitat. La distribució s'ha fet d'aquesta manera tenint en compte que aquestes tres són les úniques vies que finalment accedeixen al PK0+000 de la C-58.

En sentit d'entrada a Barcelona el problema és el mateix. No tots els vehicles existents al PK 7+000 de la C-58 volen entrar a Barcelona a través de la Meridiana, ja que des de la C-58 també poden accedir al Nus de la Trinitat i des d'allà prendre altres destinacions. En aquest cas sí es disposa del percentatge de vehicles que accedeixen a la Meridiana des de la C-58: un 25% segons l'*Estudi de viabilitat de la implantació de carril BUS a les vies d'accés a Barcelona* (ATM, 2002).

Per tant cal multiplicar les intensitats horàries del mes de Maig de 2012, trobades a l'escenari 0 per a cada hora i sentit de circulació, pels percentatges d'ocupació dels vehicles i pels coeficients d'entrada i sortida de Barcelona a través de la Meridiana. Aquest són els vehicles que s'estima entraran a la nova infraestructura, de dos carrils.

La resta de vehicles seguiran circulant per la calçada de la C-58 corresponent, d'entrada o sortida a Barcelona.

Per fer l'anàlisi qualitatiu i trobar els Nivells de Servei caldrà calcular les Intensitats Punta Equivalents de les intensitats horàries registrades a cadascuna de les calçades. En el cas de la calçada corresponent als carrils BUS-VAO+2, el nombre de carrils a introduir a l'expressió (6.4) és 2, mentre que a les calçades de la C-58 és 3. El factor de vehicles pesats i el d'experiència dels conductors són els mateixos que a l'escenari 0, igual que el factors d'hora punta d'entrada i sortida a Barcelona per la C-58. Cal calcular, però, els factors d'hora punta en ambdós sentits de circulació a través dels carrils BUS-VAO, tenint en compte que en aquesta calçada el nombre de carrils és dos.

Taula 6. 4 Factors d'Hora Punta als carrils BUS-VAO+2

	Sentit: Sortida de Barcelona	Sentit: Entrada a Barcelona
FHP	0,60	0,59

Font: Elaboració pròpia

Un cop es tenen les IPE de cada calçada, sentit de circulació i hora es busca la velocitat associada a cadascuna d'elles amb les expressions (6.6) o (6.7), i posteriorment es determina el Nivell de Servei de cada calçada. Els resultats obtinguts es poden veure a la Taula 7. 5 i Taula 7. 6.

Per fer l'anàlisi quantitatiu es treballa de la mateixa manera que en l'escenari 0, multiplicant cada període de temps invertit en congestió pel nombre de vehicles que pateixen aquest retard i obtenint així el cost total en hores per dia, mes o any.

Novament, per fer la valoració econòmica dels costos de congestió es multiplica el valor d'una hora de treball, 9,2 €/h/persona, pel nombre de persones que ocupa cada vehicle i pel retard sofert. La suma d'aquests productes per a cada calçada dona el cost econòmic que comportaria la congestió si s'imposa un requeriment d'ocupació de dues o més persones. Els resultats dels costos de la congestió es poden veure a la Taula 7. 7 i Taula 7. 8.

6.3. 3 Escenari 2. Ocupació mínima: tres persones

En aquest escenari només es permet l'accés als carrils BUS-VAO dels vehicles amb tres o més ocupants. La resta de vehicles seguiran circulant per les calçades de la C-58.

La metodologia de treball seguida és exactament la mateixa que en l'escenari 1. En aquest cas, però, el percentatge de vehicles del PK 0+000 i del PK 7+000 que tindran accés a la nova infraestructura és del 6,3% (veure Taula 6. 3).

També caldrà multiplicar les intensitats horàries dels PK 0+000 i PK 7+000 pels coeficients d'entrada i sortida a Barcelona a través de la Meridiana, factors que s'han considerat un terç en sentit de sortida i un quart en sentit d'entrada a Barcelona, tal i com s'ha justificat anteriorment.

En aquest punt ja es poden trobar les Intensitats Punta Equivalents, la velocitat mitjana de desplaçament associada a cada IPE a través de la Figura 6. 2, la Densitat Equivalent i

finalment obtenir el Nivell de Servei. Els resultats es poden veure a la Taula 7. 9 i Taula 7. 10.

Per fer l'anàlisi quantitatiu es calcularà el nombre de vehicles que pateixen congestió a cada calçada i quin temps inverteixen en aquesta congestió. La suma del producte del nombre de vehicles pel temps perdut en congestió segons l'hora dóna el cost en hores d'aquesta al dia, al mes o a l'any.

Sumant el producte del nombre de persones que hi ha dins de cada vehicle pel temps perdut en congestió i el valor d'una hora laboral s'obté el cost econòmic que provocaria la congestió si en el moment d'obertura de la nova infraestructura s'exigís una ocupació mínima de tres persones per vehicle. Els resultats dels costos per congestió obtinguts per aquest escenari es poden veure a la Taula 7. 11 i Taula 7. 12.

6.3. 4 Escenari 3. Implantació de carrils HOT

L'objectiu d'aquest escenari és aprofitar la capacitat sobrera dels carrils BUS-VAO en els escenaris 1 i 2. Aquesta capacitat excedent s'aprofita per permetre l'accés dels vehicles que no compleixen els requeriments d'ocupació però que estan disposats a pagar un peatge per accedir-hi.

Aquest escenari inclou dos subescenaris, en funció de la tipologia del carril d'alta ocupació instaurat (VAO+2 o VAO+3).

- Escenari 3A. HOT+2

De l'anàlisi dels resultats obtinguts per a l'escenari 0 es pot veure quin és el temps de demora que la congestió existent l'any 2012 provocaria sobre cadascun dels vehicles que circularia per la C-58. Aquest temps és igual a la resta del temps real necessari per recórrer els 7 km menys el temps teòric necessari si la velocitat de circulació a les calçades fos la lliure (4,7 minuts).

S'ha trobat que aquests temps de demora varien entre 4,7 minuts, quan els vehicles troben un Nivell de Servei F i per tant la velocitat de circulació és 45km/h, i 0 minuts, quan els vehicles circulen amb Nivells de Servei B, C i D i la seva velocitat de circulació és 90 km/h. Tot i així els valors de demora més habituals es troben entre els 4,5 i 5 minuts a les hores punta i els 0,22 i 0,58 minuts als altres intervals.

Coneguts aquests valors i la funció logit multinomial estimada per al corredor del Vallès Occidental, recollida a l'expressió (6.8), ja es pot determinar el percentatge de vehicles que estarien disposats a pagar un peatge determinat per obtenir un estalvi de temps donat.

$$U = 0.203 + 0.009T - 0.236C \quad (6.8)$$

On T: temps estalviat
C: Cost del peatge

Les constants de l'expressió () s'han trobat a partir de les enquestes fetes als usuaris del corredor, on es demanava si estaven disposats a pagar peatges d'entre 1 i 6€ a canvi d'estalvis de temps de 5 o 10 minuts.

A partir d'aquesta funció logit multinomial podem trobar la probabilitat de vehicles disposats a pagar un peatge de valor c per aconseguir un estalvi de temps t .

$$P = \frac{1}{1 + e^U} \quad (6.9)$$

Per tant, un cop coneguts els estalvis de temps assolibles (1 o 5 minuts) s'ha calculat el nombre de vehicles que accediran a la nova infraestructura pagant peatge com el producte de les Intensitats Punta Equivalents dels PK 0+000 o PK 7+000 per la probabilitat d'estar disposats a pagar un peatge d'1, 2, 3, 4, 5 o 6€ (veure Taula 6. 5 i Taula 6. 6). Abans de fer aquest producte s'ha restat a la Intensitat Punta Equivalent del PK corresponent el nombre de vehicles que hi accedeixen de forma gratuïta, és a dir, els vehicles amb dos o més ocupants.

Taula 6. 5 Percentatge de vehicles disposats a pagar peatge per un estalvi de temps d'1 minut

Temps(m)	Cost peatge (€)	U	Probabilitat
1	1	-0,024	0,494
1	2	-0,26	0,435
1	3	-0,496	0,378
1	4	-0,732	0,325
1	5	-0,968	0,275
1	6	-1,204	0,231

Font: Opinometre S.L., 2006

Taula 6. 6 Percentatge de vehicles disposats a pagar peatge per un estalvi de temps de 5 minuts

Temps(m)	Cost peatge (€)	U	Probabilitat
5	1	0,012	0,503
5	2	-0,224	0,444
5	3	-0,46	0,387
5	4	-0,696	0,333
5	5	-0,932	0,283
5	6	-1,168	0,237

Font: Opinometre S.L., 2006

Per a cadascun dels sis escenaris, des de la implantació d'un carril HOT+2 amb peatge d'1€ fins el carril HOT+2 i peatge de 6€, s'ha trobat el Nivell de Servei a cada calçada seguint la metodologia ja explicada anteriorment. També s'han calculat els costos en hores i econòmics causats per la congestió. En el cost econòmic causat per la congestió sempre es té en compte el nombre d'ocupants de cada vehicle.

- Escenari 3B. HOT+3

En aquest escenari la metodologia de treball és la mateixa que en l'escenari anterior. Els temps de demora previsibles per als usuaris de la C-58 l'any 2012 estan entre els 0 i els 5 minuts, segons el Nivell de Servei experimentat, predominant els temps d'entre 0,22 i 0,58 minuts i entre 4,5 i 5 minuts.

Per tant, emprant la mateixa expressió (6.8) es pot trobar el nombre de vehicles disposats a pagar peatges entre 1 i 6 € per estalviar-se aquests temps de congestió. Novament caldrà restar els vehicles de tres o més ocupants de les Intensitats Punta Equivalents abans de multiplicar-les pels percentatges dels usuaris HOT.

L'anàlisi d'aquest escenari també s'ha fet des d'un punt de vista qualitatiu, amb l'obtenció dels Nivell de Servei a cada calçada, i quantitatiu, amb el càlcul dels costos causats per la congestió tant en hores com en pèrdua de producció.

6.3. 5 Escenari 4. Augment de la capacitat de la C-58

Amb l'estudi d'aquest escenari es vol veure si augmentant la capacitat de la C-58 durant les hores de més trànsit de cada sentit de circulació s'aconsegueixen estalvis de temps equiparables als obtinguts als altres escenaris.

Aquest augment de la capacitat de les calçades de la C-58 s'aconsegueix fent que els dos nous carrils tinguin cada hora el sentit de circulació de la calçada amb majors intensitats de trànsit i no imposant cap requeriment d'ocupació als vehicles que volen accedir-hi. D'aquesta manera durant les hores de funcionament dels carrils es disposa d'una calçada de 3+2 carrils i una altra de 3 carrils.

Tot i que aquest és un escenari no desitjable socialment, doncs no es prioritza un ús responsable i eficient del vehicle privat, es vol veure si la inversió necessària per instal·lar els sistemes de tancament i senyalització dels nous carrils – en el cas dels carrils BUS-VAO – o els sistemes de cobrament electrònic dels peatges – en el cas dels carrils HOT – és rendible socialment o per contra és una inversió molt important pels resultats obtinguts, equiparables als aconseguibles permetent l'accés lliure dels vehicles.

En aquest escenari es fa un repartiment dels vehicles existents al PK 0+000 o al PK 7+000 de la C-58 en funció de la seva destinació final.

S'ha considerat que tots els vehicles existents al PK 7+000 de la C-58 que volen accedir a Barcelona a través de la Meridiana ho fan prenent els nous carrils, si en aquella hora la infraestructura té aquest sentit de circulació. Això suposa una quarta part dels vehicles totals existents en aquest PK. Es creu que preferiran aquesta calçada perquè al no existir accessos intermitjos, sumat al fet que la demanda és petita, s'espera un Nivell de Servei millor que el que pot oferir la calçada de la C-58, on circulen vehicles amb destinacions varies i on poden accedir-hi de nous. I així es demostra als resultats obtinguts (veure Taula 7. 15).

Respecte als vehicles que surten de Barcelona, s'ha fet la hipòtesi que dels vehicles existents al PK 0+000 de la C-58 tots els que provenien de la Meridiana han arribat a aquest PK a través dels nous carrils, sempre que en aquell moment el sentit de circulació fos de sortida de Barcelona. Aquest volum de vehicles s'ha estimat en un terç dels vehicles existents al PK 0+000 de la C-58. La justificació per suposar que els vehicles que surten per la Meridiana triaran els nous carrils és que d'aquesta forma poden by-passar el coll d'ampolla que apareix quan els dos carrils de la C-58 provinents de la Meridiana convergeixen amb els quatre carrils de la C-58 que vénen del Nus de la Trinitat, per acabar compartint una calçada de tres carrils.

Un cop conegut el nombre de vehicles que accedeixen als nous carrils a cada hora i els que queden a la calçada de tres carrils de la C-58 només cal trobar les Intensitats Punta Equivalent. Aleshores ja es pot conèixer el Nivell de Servei experimentat a cada calçada per cada hora i sentit de circulació.

Per conèixer els costos que la congestió provocaria en aquest escenari s'han buscat les velocitats corresponents a cadascuna de les IPE per a cada hora a través de la Figura 6. 2. Multiplicant la demora associada a cada hora pel nombre de vehicles que circulen durant aquesta es troba el temps total invertit en congestió per part dels vehicles. Si a més es multiplica el temps de congestió de cada vehicle pel nombre d'ocupants de cada vehicle i pel valor assignat a una hora – 9,2€/h/persona (Esquius, 2008) - aleshores s'obté el cost econòmic que la congestió comporta a tots els usuaris del corredor.

Capítol 7. Resultats obtinguts

7.1 INTRODUCCIÓ

A partir de la posada en funcionament dels dos nous carrils reversibles de la C-58 apareixerà un ampli ventall de possibilitats de com emprar-los, segons el sentit de circulació que es doni a cada franja horària (matí/tarda) i el valor llindar d'ocupació dels vehicles que es fixi.

Al projecte constructiu es defineixen aquests carrils com carrils BUS-VAO, amb requeriment d'ocupació de dues o més persones. Aquests requisits d'ocupació tan poc estrictes provocaran un col·lapse dins dels nous carrils? Seria més adient exigir tres o més ocupants per tenir accés als carrils BUS-VAO? O l'ocupació dels vehicles que accedeixen a la ciutat per aquesta via és tan minsa que tot i permetre l'entrada del transport públic i vehicles amb dos o més ocupants la nova infraestructura encara disposa de capacitat sobrera? I finalment, si els nous carrils, després de la incorporació dels vehicles d'alta ocupació, encara disposen de capacitat per permetre l'accés de vehicles amb un sol ocupant disposat a pagar per un Nivell de Servei millor, quin seria el peatge òptim des del punt de vista social per tal de minimitzar les hores invertides en retencions a causa de la congestió?

És objecte d'aquest capítol fer una descripció dels resultats que s'han obtingut per a cadascun d'aquests possibles escenaris. L'anàlisi sempre es fa des del punt de vista dels usuaris de la C-58 i els nous carrils BUS-VAO i no des del punt de vista del gestor de la infraestructura. S'ha triat aquest punt de vista perquè l'objectiu de la nova infraestructura és reduir els nivells de congestió que actualment es donen en aquesta via d'accés a Barcelona. A més es desconeix si la nova infraestructura s'oferirà en concessió o pertanyerà a l'organisme que ha encarregat la seva execució, TABASA. No saber quina serà la política del gestor de la infraestructura – si el màxim benefici o el benestar social – es fa difícil avaluar quins resultats serien els millors per al gestor.

L'avaluació dels resultats obtinguts per a cada escenari es fa tant qualitativament, amb l'estudi dels Nivells de Servei, com quantitativament, amb la comptabilització de les hores perdudes pels usuaris com a conseqüència de la congestió així com del cost associat.

Es passa doncs a fer la descripció de cada escenari.

7.2 ANÀLISI DELS ESCENARIS

7.2.1 Escenari 0. Posada en funcionament

Amb un termini d'execució de 36 mesos, la posada en funcionament dels dos nous carrils de la C-58 es preveu per a l'any 2012.

És necessari saber quina serà la situació de la via en aquest moment si el que es pretén és millorar-la. Amb aquest objectiu s'han avaluat els volums de trànsit i els Nivells de Servei associats que es donaran el 2012 al llarg dels set quilòmetres on es preveu l'execució de la nova infraestructura.

Els resultats obtinguts per a cada hora i per a cada PK, en funció del sentit de circulació es poden consultar a l'Annex d'aquest document. A la Figura 7. 1, Figura 7. 2, Figura 7. 3 i Figura 7. 4 es representen els resultats obtinguts per a quatre de les hores més representatives: l'hora punta del matí (de 8h a 9h) i de la tarda (de 17h a 18h) així com dues hores amb menor intensitat de trànsit (de 13h a 14h i de 20 a 21h).



Figura 7. 1 Nivells de Servei a la C-58 l'any 2012. Hora: de 8h a 9h

Font: Elaboració pròpia



Font: Elaboració pròpia

Figura 7.2 Nivells de Servei a la C-58 l'any 2012. Hora: de 13h a 14h



Font: Elaboració pròpia

Figura 7.3 Nivells de Servei a la C-58 l'any 2012. Hora: de 17h a 18h



Font: Elaboració pròpia

Figura 7. 4 Nivells de Servei a la C-58 l'any 2012. Hora: de 20h a 21h

D'aquestes figures es desprèn que l'any en què es finalitzarà l'execució dels carrils BUS-VAO la via patirà greus problemes de congestió durant les franges horàries de més trànsit, on s'experimentaran els Nivells de Servei inferiors, l'E i l'F. Això vol dir que tots els vehicles de la C-58, sense l'obertura dels nous carrils, es mourien a velocitat constant al llarg dels set quilòmetres, produint-se inclús moments en què haurien d'aturar-se. La situació no és gaire millor per a les franges horàries de menys trànsit, on els Nivells de Servei previstos són el D, l'E o fins i tot l'F.

Aquests resultats obtinguts qualitativament, en forma de Nivells de Servei baixos, es poden quantificar en forma d'hores perdudes pels usuaris de la via i el cost que aquesta congestió comporta. Els valors de temps perdut així com el preu pagat en congestió es recullen a la Taula 7. 1.

Taula 7. 1 Previsió de costos de la congestió de la C-58 l'any 2012

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	11.109	135.931
Al mes	244.400	2.990.478
A l'any	2.932.799	35.885.730

Font: Elaboració pròpia

La poca diferència entre els Nivells de Servei observats per diferents franges horàries és deguda als grans volums de trànsit que suporta l'autovia a qualsevol hora i en ambdós sentits de circulació. Això fa que en aquesta via no es pugui parlar de marcades hores punta o vall.

I és aquest mateix fet el que dificulta l'elecció del sentit de circulació que cal donar als nous carrils en funció de l'hora. El criteri que s'ha seguit és afavorir els usuaris del transport públic, mirant de millorar els seus Nivells de Servei.

A l'“*Estudi de viabilitat de la implantació de carril BUS a les vies d'accés a Barcelona*” (ATM, 2002) es determina que les hores punta del trànsit d'autobusos que accedeixen a Barcelona es produeix entre les 9h i les 10h, concentrant el 9% del trànsit total diari d'autobusos. En sentit sortida el volum màxim d'autobusos es dona entre les 15h i les 16h, significat el 8% del trànsit total diari d'autobusos. Per tant, el règim de funcionament dels nous carrils BUS-VAO proposat i que s'ha adoptat per a l'estudi de cada escenari és el recollit a la Taula 7. 2.

Taula 7. 2 Règim de funcionament proposat per als carrils BUS-VAO

Franja horària	Sentit de Circulació	Notes
21h - 7h	--	Manteniment i reparació de senyalització i tancaments
7h - 8h	Entrada a Barcelona	
8h - 9h	Entrada a Barcelona	
9h - 10h	Entrada a Barcelona	
10h - 11h	Entrada a Barcelona	
11h - 12h	Entrada a Barcelona	
12h - 13h	Entrada a Barcelona	
13h - 14h	--	Buidat dels carrils. Canvi de senyalització, tancament d'accessos en un sentit i obertura en l'altre
14h - 15h	Sortida de Barcelona	
15h - 16h	Sortida de Barcelona	
16h - 17h	Sortida de Barcelona	
17h - 18h	Sortida de Barcelona	
18h - 19h	Sortida de Barcelona	
19h - 20h	Sortida de Barcelona	
20h - 21h	Sortida de Barcelona	

Font: Elaboració pròpia

Tot i que els volums de trànsit afectats per la franja horària de 13h a 14h són importants en ambdós sentits de circulació, s'ha decidit tancar la infraestructura per procedir al canvi de sentit de circulació durant l'hora en què la suma de vehicles afectats era menor.

Pel que respecta a les hores de tancament de la nova infraestructura per al manteniment i reparació d'aquesta, s'han triat aquelles hores a partir de les quals s'ha considerat que es disposava de Nivells de Servei acceptables, és a dir, a partir de les 21h i fins a les 7h.

Un cop establert el règim de funcionament dels nous carrils es poden començar a estudiar els diferents escenaris.

7.2. 2 Escenari 1. Ocupació mínima: dues persones

Aquesta és la ocupació mínima que es pretén exigir el dia de la posada en funcionament de la nova infraestructura. No sembla un requeriment massa exigent, però això ja denota la baixa ocupació que registren els vehicles d'aquesta via. En concret, per a la Meridiana, l'ATM publicava el 2002 les ocupacions mitjanes que es poden veure a la Taula 7. 3.

Taula 7. 3 Ocupació mitjana dels vehicles a la Meridiana. Any 2002

Període	Ocupació Mitjana (persones)
Període punta del matí	1,26
Matí durant període vall	1,36
Tarda durant període vall	1,34
Període punta de la tarda	1,51

Font: ATM, 2002

Un dels problemes amb què els carrils VAO d'arreu del món s'han trobat és l'efecte del "carril buit", que consisteix en l'aparició de congestió als carrils convencionals mentre el carril VAO segueix buit. Això genera la insatisfacció dels usuaris dels carrils convencionals, que tenen la sensació de pèrdua d'oportunitats a l'invertir un carril únicament a vehicles d'alta ocupació, generant molts detractors d'aquestes infraestructures.

Aquest problema pot aparèixer si s'és molt exigent en els requeriment d'ocupació d'accés als carrils d'alta ocupació. Potser per evitar aquest problema i l'oposició pública associada està previst demanar tant poca ocupació als vehicles, coneixedors de l'ocupació mitjana que es registra al corredor.

Els valors que s'han emprat en el càlcul de vehicles que accedeixen als nous carrils en funció de l'ocupació registrada són els facilitats pels Túnel de Vallvidrera, recollits a la Taula 7. 4.

Taula 7. 4 Percentatge de vehicles amb una ocupació determinada

Ocupants/vehicle	% Vehicles
1 Ocupant	75 %
2 Ocupants	18,7 %
3 Ocupants	4,7 %
4 Ocupants	1,5 %
5 Ocupants	0,1 %

Font: MCRIT, 2007

Per fer l'anàlisi d'aquest escenari han estat necessàries algunes simplificacions, totes elles assumibles i que no devaluen els resultats obtinguts. Les simplificacions realitzades són les següents:

Dins dels carrils BUS-VAO+2

- A l'hora d'obtenir els Nivells de Servei de cada hora s'han agafat les intensitat de trànsit horàries corresponents al PK 0+000 en el cas de sortida de Barcelona i del PK 7+000 per a l'entrada a Barcelona, s'han calculat els Nivells de Servei que els corresponien i s'han extrapolat a la resta de PK de la mateixa hora. Com que no existeixen entrades ni sortides intermitges durant els set quilòmetres de recorregut dins dels carrils BUS-VAO s'està considerant que les intensitats de trànsit registrades al PK inicial i final es mantindran fins a la sortida de la infraestructura.

Dins dels carrils convencionals de la C-58

- S'ha repetit la simplificació descrita a l'apartat anterior per a les intensitats de trànsit de la C-58, tot i que en aquest cas sí existeixen incorporacions i sortides des dels carrils convencionals. Per tant els Nivells de Servei obtinguts sí són reals per al PK 0+000 en sentit de sortida i al PK 7+000 en sentit d'entrada, però poden presentar petites variacions en els PK intermitjos.

Els resultats obtinguts per aquest escenari es recullen a les Taula 7. 5 i Taula 7. 6.

Taula 7. 5 Nivells de Servei registrats als carrils BUS-VAO+2 i als carrils convencionals de la C-58. Sentit sortida de Barcelona

Sentit sortida de Barcelona					
MAIG 2012		BUS - VAO+2		C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	--	3.546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	--	6.849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	--	6.317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	--	6.741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	--	5.371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	--	5.371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	--	5.584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	--	5.979	NIVELL E
14h-15h	6.857	566	NIVELL A	6.291	NIVELL F
15h-16h	6.692	552	NIVELL A	6.140	NIVELL E
16h-17h	6.292	519	NIVELL A	5.773	NIVELL E
17h-18h	6.791	560	NIVELL A	6.230	NIVELL E
18h-19h	5.616	463	NIVELL A	5.152	NIVELL E
19h-20h	6.789	560	NIVELL A	6.229	NIVELL E
20h-21h	7.395	610	NIVELL A	6.785	NIVELL F
21h-22h	5.237	0	--	5.237	NIVELL E

Font: Elaboració pròpia

Taula 7. 6 Nivells de Servei registrats als carrils BUS-VAO+2 i als carrils convencionals de la C-58. Sentit entrada a Barcelona

Sentit entrada a Barcelona					
MAIG 2012		BUS - VAO+2		C-58	
	IH PK 7+000 (veh/h)	Vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	--	4.365	NIVELL D
7h-8h	7.737	484	NIVELL A	7.254	NIVELL F
8h-9h	9.493	593	NIVELL A	8.900	NIVELL F
9h-10h	7.591	474	NIVELL A	7.116	NIVELL F
10h-11h	6.631	414	NIVELL A	6.217	NIVELL E
11h-12h	6.587	412	NIVELL A	6.175	NIVELL E
12h-13h	6.546	409	NIVELL A	6.137	NIVELL E
13h-14h	6.903	0	--	6.903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	--	6.033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	--	5.872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	--	5.752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	--	5.191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	--	4.413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	--	9.241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	--	4.661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	--	4.729	NIVELL D

Font: Elaboració pròpia

Així doncs, de l'anàlisi qualitatiu se'n desprèn que l'aplicació d'aquests requeriments d'ocupació per tal d'accedir als nous carrils crea uns nivells de servei òptims per als seus usuaris, mentre que a la resta de carrils de la C-58 pràcticament no es nota una millora en el servei, mantenint-se en el nivell inferiors. Això és degut al poc volum de vehicles que compleixen l'ocupació demanada.

És més, a partir del Manual de Capacitat es pot determinar, per a una velocitat determinada, a partir de quina Intensitat Punta Equivalent es passa d'un Nivell de Servei a un altre. En concret, per a una velocitat lliure de circulació de 90km/h, la intensitat horària que ha de circular pels dos carrils de la nova infraestructura per passar d'un NdS A a B és de 1.050veh/h. Per tant es pot veure que la nova infraestructura estarà infrautilitzada, doncs el nombre de vehicles que l'empraran és molt inferior a la capacitat de la via per mantenir un NdS A. Si es volgués garantir un NdS B dins dels nous carrils la intensitat horària augmenta fins a 1.650veh/h, estant encara més infrautilitzats.

Fent una anàlisi quantitativa podem avaluar quin és ara el temps invertit en el desplaçament en ambdues infraestructures i si es dona una reducció dels costos de la congestió.

Taula 7. 7 Costos de la congestió amb carrils BUS – VAO+2

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	10.553	97.090
Al mes	232.171	2.135.971
A l'any	2.786.050	25.631.656

Font: Elaboració pròpia

De la comparació dels valors de les Taula 7. 7 i Taula 7. 1 se n'extreuen els resultats de la Taula 7. 8, on s'expressen els estalvis en hores i en Euros que els carrils BUS-VAO+2 proporcionarien als usuaris del corredor.

Taula 7. 8 Estalvi en hores i en Euros pels usuaris del corredor (gestió VAO+2)

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	556	38.841
Al mes	12.229	854.506
A l'any	146.750	10.254.074

Font: Elaboració pròpia

Per tant, tot i que no molt important, sí que es produeix un estalvi de temps perdut en congestió i un estalvi considerable de pèrdua de la producció associada.

7.2. 3 Escenari 2. Ocupació mínima: tres persones

S'han repetit tots els càlculs de l'escenari anterior considerant en aquest cas una ocupació dels vehicles amb accés als carrils BUS – VAO de tres o més persones.

Les simplificacions necessàries tornen a ser les descrites a l'apartat anterior i els percentatges considerats per al càlcul del nombre de vehicles que compleixen els requeriments d'ocupació els de la Taula 7. 4.

La Taula 7. 9 i Taula 7. 10 mostren els nivell de servei que resultarien tant als carrils BUS-VAO com a la resta de carrils de la C-58. Com es podia preveure, al ser més exigents amb l'ocupació menys vehicles tenen accés i es nota menys millora que en l'escenari anterior per a la resta de carrils de la C-58, que segueixen registrant els nivells de servei previstos si no es fa cap actuació.

Els valors de les Intensitats Punta Equivalents per passar d'un NdS a l'altre segueixen essent els mateixos de l'apartat anterior (equivalents a intensitats horàries de 1.050veh/h per mantenir el NdS A i 1.650veh/h per mantenir un NdS B). Per tant es pot veure com en aquest escenari la infrautilització de la capacitat encara és més flagrant.

Taula 7. 9 Nivells de Servei registrats als carrils BUS-VAO+3 i als carrils convencionals de la C-58. Sentit sortida de Barcelona

Sentit sortida de Barcelona					
MAIG 2012		BUS - VAO+3		C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	--	3.546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	--	6.849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	--	6.317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	--	6.741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	--	5.371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	--	5.371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	--	5.584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	--	5.979	NIVELL E
14h-15h	6.857	143	NIVELL A	6.714	NIVELL F
15h-16h	6.692	139	NIVELL A	6.553	NIVELL F
16h-17h	6.292	131	NIVELL A	6.161	NIVELL E
17h-18h	6.791	141	NIVELL A	6.650	NIVELL F
18h-19h	5.616	117	NIVELL A	5.499	NIVELL E
19h-20h	6.789	141	NIVELL A	6.648	NIVELL F
20h-21h	7.395	154	NIVELL A	7.241	NIVELL F
21h-22h	5.237	0	--	5.237	NIVELL E

Font: Elaboració pròpia

Taula 7. 10 Nivells de Servei registrats als carrils BUS-VAO+3 i als carrils convencionals de la C-58. Sentit entrada a Barcelona

Sentit entrada a Barcelona					
MAIG 2012		BUS - VAO+3		C-58	
	IH PK 7+000 (veh/h)	Vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	--	4.365	NIVELL D
7h-8h	7.737	122	NIVELL A	7.615	NIVELL F
8h-9h	9.493	150	NIVELL A	9.343	NIVELL F
9h-10h	7.591	120	NIVELL A	7.471	NIVELL F
10h-11h	6.631	104	NIVELL A	6.527	NIVELL F
11h-12h	6.587	104	NIVELL A	6.483	NIVELL F
12h-13h	6.546	103	NIVELL A	6.443	NIVELL F
13h-14h	6.903	0	--	6.794	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	--	6.033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	--	5.872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	--	5.752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	--	5.191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	--	4.413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	--	9.241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	--	4.661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	--	4.729	NIVELL D

Font: Elaboració pròpia

Aquesta disminució de la millora dels resultats obtinguts implantant un carril BUS-VAO+3 es pot comprovar fent l'estudi quantitatiu d'hores i Euros perduts pels usuaris del corredor en congestió.

En concret, per a aquest escenari els valors dels costos de la congestió són els representats a la Taula 7. 11, que comparats amb els costos de congestió resultants de la “no actuació” (escenari 0) suposen els estalvis recollits a la Taula 7. 12.

Taula 7. 11 Costos de la congestió amb carrils BUS – VAO+3

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	10.935	113.076
Al mes	240.568	2.487.669
A l'any	2.886.820	29.852.028

Font: Elaboració pròpia

Taula 7. 12 Estalvi en hores i en Euros pels usuaris del corredor (gestió VAO+3)

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	174	22.855
Al mes	3.832	502.809
A l'any	45.979	6.033.702

Font: Elaboració pròpia

Dels resultats obtinguts per a l'escenari 1 i 2 –VAO+2 i VAO+3 respectivament–, cal destacar que caldria donar un temps de resposta als usuaris del corredor i després estudiar com evoluciona el seu comportament. Comprovar que compartir el vehicle amb altres persones fins arribar als requeriment d'ocupació exigits permet circular per una calçada amb uns nivells de servei molt superiors als dels carrils adjacents, que pateixen congestió, potser incitaria a buscar companys de viatge.

Si s'aconseguís una participació ciutadana cap al *carpooling* o *carsharing* el nombre de vehicles que accedirien a la nova infraestructura augmentaria, produint-se una distribució més eficient dels vehicles d'acord amb la capacitat del corredor en cada moment. Potser disminuirien una mica els nivells de servei oferts als carrils BUS-VAO, però als convencionals es traduiria en un augment. A més s'aconseguiria un major nombre de persones desplaçades per unitat de temps, variable encara més eficient que el nombre de vehicles que es desplacen per unitat de temps.

De fet, aquesta major eficiència es veu reflectida als valors recollits a les Taula 7. 8 i Taula 7. 12, on passar d'uns carrils VAO+2 a uns VAO+3 comporta que l'estalvi de temps es divideixi entre tres, ja que el nombre de vehicles desplaçats per unitat de temps disminueix amb la restricció. En canvi l'estalvi en Euros només es divideix entre dos. Això és deu a què el nombre de persones desplaçades per unitat de temps ha augmentat en el cas dels carrils VAO+3 i per tant la pèrdua de producció no es veu tan afectada.

7.2.4 Escenari 3. Implantació de carrils HOT

Tal i com es desprèn dels resultats obtinguts per als dos escenaris anteriors, amb carrils VAO+2 i VAO+3, la nova infraestructura disposa de capacitat sobrera que els requeriments d'ocupació no permeten que sigui aprofitada per altres vehicles que circulen per la C-58, la qual segueix mantenint uns Nivells de Servei molt baixos.

Tot i que caldria esperar un temps per veure quina és la resposta de la població davant la possibilitat d'obtenir importants reduccions del temps de desplaçament si es decideix compartir vehicle, a continuació es passa a fer l'estudi dels resultats previsibles si el dia de l'obertura dels nous carrils aquesta es fes directament sota una gestió HOT i no VAO.

En aquest cas l'estudi s'ha de fer per a les dues possibles capacitats sobreres dins la nova infraestructura, depenent de si es permet l'entrada gratuïta als vehicles amb dos o més ocupants o per contra s'exigeix una ocupació mínima de tres persones. Respecte al pagament que han de fer els vehicles que no compleixen l'ocupació, la implantació de carrils HOT es pot fer establint un peatge constant durant tot el temps de funcionament d'aquest o variant el preu del peatge en funció dels nivells de congestió experimentats als carrils adjacents a cada hora.

Donada la poca longitud de l'actuació prevista – pràcticament 7km – i els reduïts estalvis de temps que es poden obtenir – màxim 5 minuts de disminució del temps de trajecte –, s'ha optat per fer l'anàlisi dels resultats obtinguts fixant un preu de peatge constant durant totes les hores d'obertura dels carrils. Es considera que un estudi més acurat, amb un preu de peatge diferent per a cada hora, comportaria diferències no significatives respecte els valors obtinguts amb un peatge constant, ja que no s'experimenten estalvis de temps significatius entre una hora i una altra.

Es disposa de les preferències declarades dels usuaris dels corredors d'accés a Barcelona i en concret de les tarifes que estarien disposats a pagar per aconseguir determinats estalvis de temps en el trajecte pel corredor del Vallès Occidental, dins del qual està continguda la C-58. La funció logit multinomial que resumeix el comportament dels usuaris davant d'aquesta possibilitat és la recollida a l'expressió (7.1), a la qual correspon la taula de valors recollida a les Taula 7. 13 i Taula 7. 14.

$$U = 0.203 + 0.009T - 0.236C \quad (7.1)$$

Taula 7. 13 Percentatge de vehicles disposats a pagar peatge per un estalvi de temps d'1 minut

Temps(m)	Cost peatge (€)	U	Probabilitat
1	1	-0,024	0,494
1	2	-0,26	0,435
1	3	-0,496	0,378
1	4	-0,732	0,325
1	5	-0,968	0,275
1	6	-1,204	0,231

Font: Opinometre S.L., 2006

Taula 7. 14 Percentatge de vehicles disposats a pagar peatge per un estalvi de temps de 5 minuts

Temps(m)	Cost peatge (€)	U	Probabilitat
5	1	0,012	0,503
5	2	-0,224	0,444
5	3	-0,46	0,387
5	4	-0,696	0,333
5	5	-0,932	0,283
5	6	-1,168	0,237

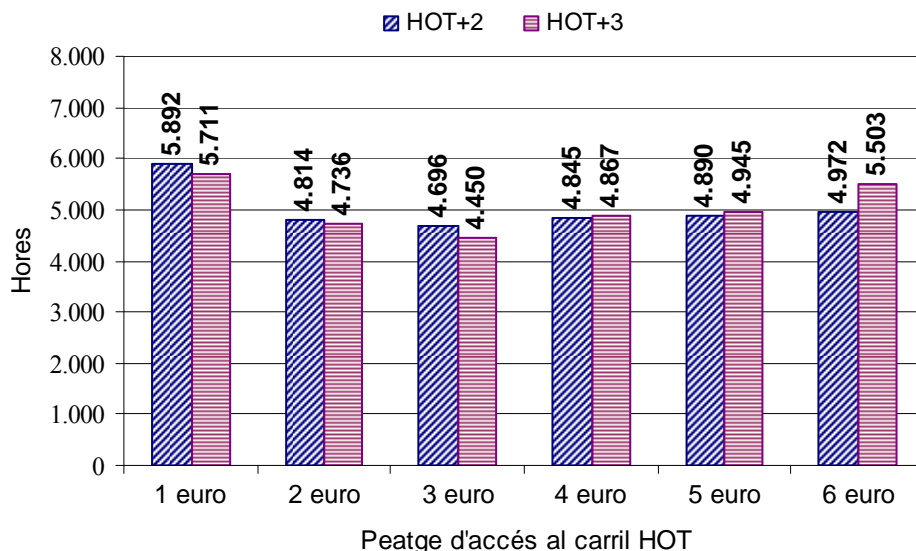
Font: Opinometre S.L., 2006

Els estalvis de temps d'1 minut corresponen a les hores amb intensitats de trànsit, mentre que els estalvis de temps de 5 minuts corresponen a les hores on es produeixen grans puntes d'intensitat. Aquests estalvis de temps són assolibles tant per a requeriments d'ocupació de dos com de tres ocupants.

D'aquesta manera apareixen dotze nous sub-escenaris dins del cas d'implantació de carrils HOT. Els sis primers corresponen a permetre l'entrada gratuïta als vehicles amb dos o més ocupants i deixar accedir als vehicles d'un sol ocupant si prèviament paguen el peatge, que pot ser d'1, 2, 3, 4, 5 o 6€. Els altres sis sub-escenaris corresponen al cas de només permetre l'accés gratuït als vehicles de tres o més ocupants, fent pagar als altres vehicles que vulguin gaudir dels avantatges d'aquests carrils un peatge d'1, 2, 3, 4, 5 o 6€.

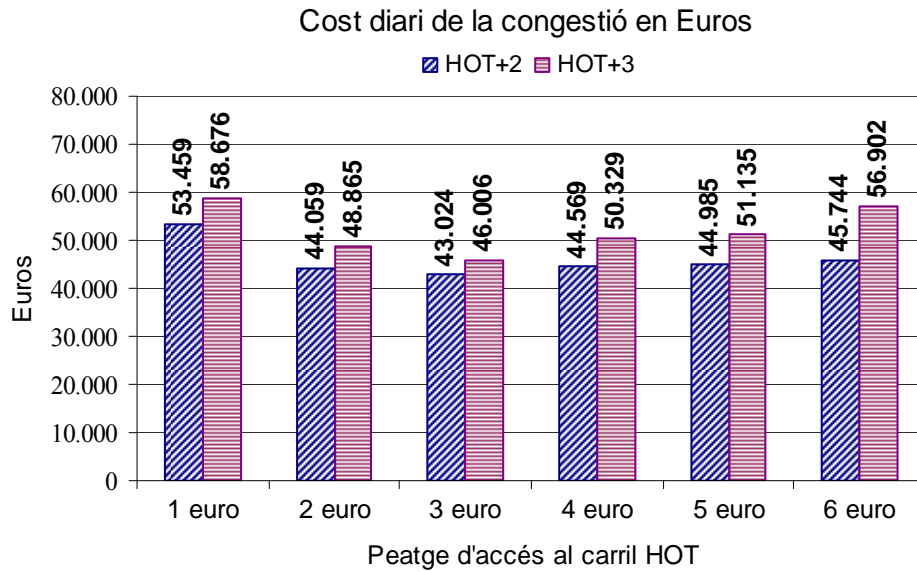
Per a cadascun d'aquests casos s'ha realitzat el càlcul d'hores perdudes en congestió i el corresponent cost econòmic (veure Figura 7. 5 i Figura 7. 6), així com els estalvis associats si es compara amb l'escenari 0, de no actuació (Figura 7. 7 i Figura 7. 8).

Cost diari de la congestió en hores



Font: Elaboració pròpia

Figura 7. 5 Cost diari de la congestió en hores associat a cada tipologia de carril HOT

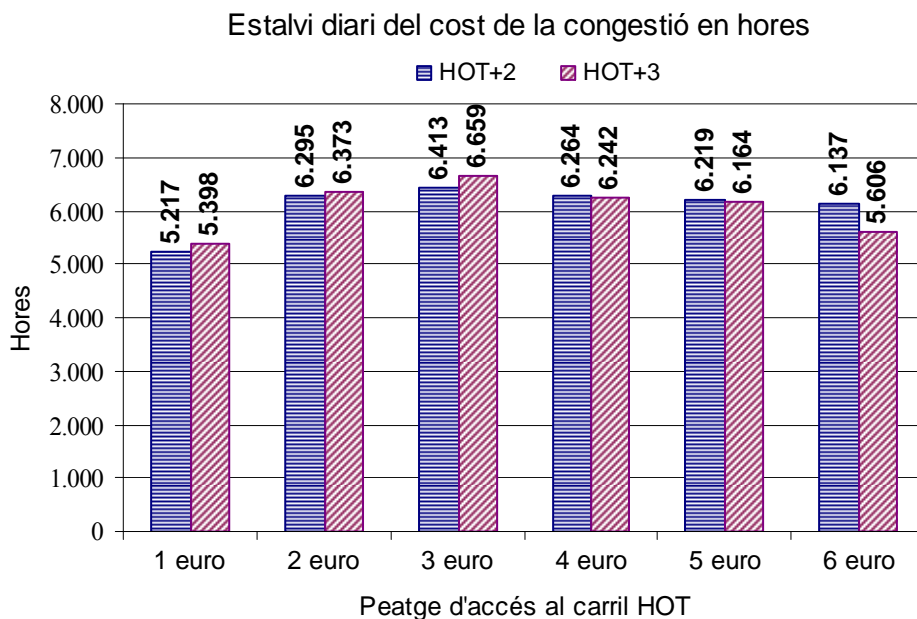


Font: Elaboració pròpia

Figura 7.6 Cost diari de la congestió en Euros associat a cada tipologia de carril HOT

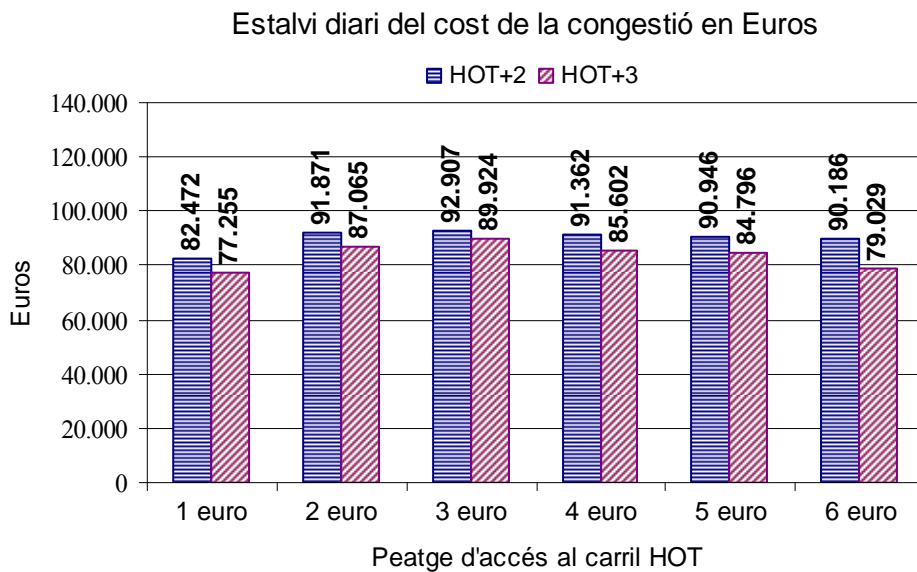
De l'estudi de les dues primeres gràfiques es pot deduir que la implantació d'un carril HOT sobre uns requeriments d'ocupació de dos o més ocupants i el pagament d'un peatge de 3 € per part dels vehicles d'un sol ocupant seria el que comportaria menors costos tant pel que fa a hores en congestió com en Euros perduts. Aquests costos estan calculats pels usuaris totals del corredor, els que circulen per les calçades de la C-58 i els que ho fan pels nous carrils.

Quan s'analitzen els estalvis en congestió assolits comparant amb la situació que experimentaria la C-58 si no es fes cap actuació sobre ella es confirma que és el cas dels carrils HOT+2 amb un peatge d'accés de tres euros el que ofereix majors avantatges econòmics pels usuaris del corredor, mentre que el major estalvi de temps s'obté amb l'aplicació de carrils HOT+3 i un peatge de 3€.



Font: Elaboració pròpia

Figura 7.7 Estalvi diari en hores associat a cada tipologia de carril HOT



Font: Elaboració pròpia

Figura 7. 8 Estalvi diari de cost de congestió associat a cada tipologia de carril HOT

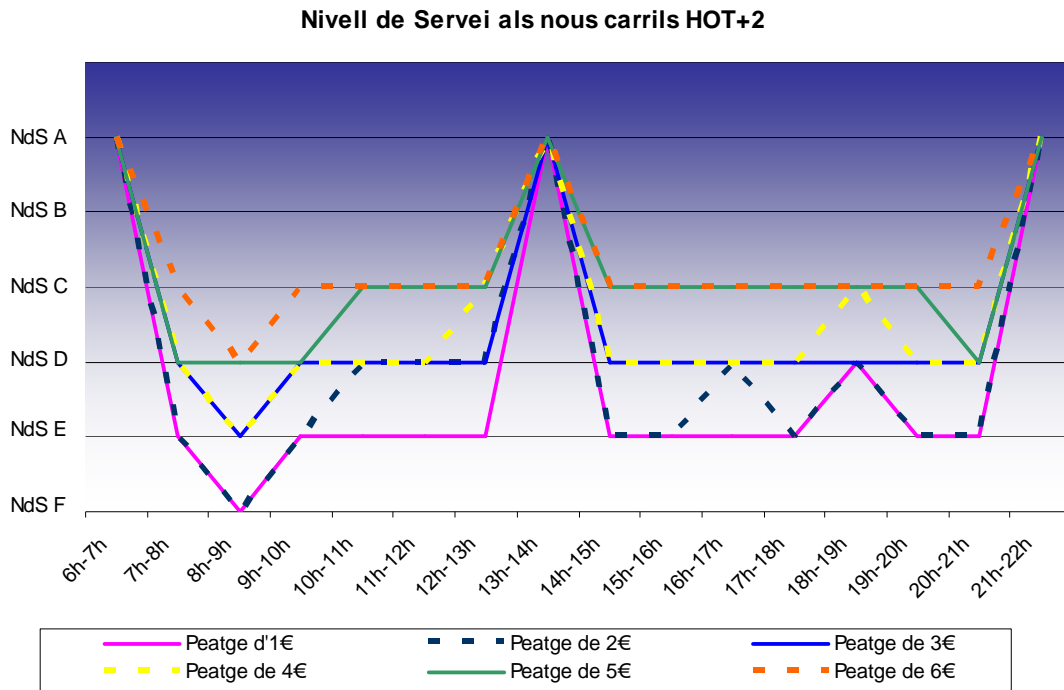
Però en aquests escenaris, on hi ha usuaris de la via que paguen per un servei, no només es pot fer una anàlisi quantitativa, decisiva en tots els escenaris anteriors. En el cas que es decidís instaurar un carril HOT a la nova infraestructura caldria garantir que els conductors que paguen per accedir-hi ho fan a canvi de circular en uns Nivells de Servei òptims.

S'han obtingut, per tant, els nivells de servei resultants de la implantació d'un carril HOT amb requeriments d'ocupació de dues o més persones (HOT+2) amb peatges d'entrada des d'1 fins a 6€, tant per a la calçada que conté els nous carrils com per a les calçades de la C-58 en ambdós sentits de circulació. Els resultats es poden veure a les Figura 7. 9, Figura 7. 10 i Figura 7. 11.

La Figura 7. 9 mostra quins són els Nivell de Servei resultants a la nova infraestructura si es gestiona sota el règim de funcionament presentat a la Taula 7. 2. Això vol dir que durant les hores en què estan operatius els carrils els vehicles de dos o més ocupants gaudeixen d'accés gratuït i a més es permet accedir a la infraestructura a aquells conductors que viatgin sols i paguin el peatge.

El fet que la infraestructura sigui reversible fa que durant les hores del matí funcioni en sentit d'accés a Barcelona i per la tarda en sentit sortida de la ciutat comtal. Entre les 13h i les 14h es tanquen els accessos, s'espera fins que s'han buidat dels carrils i es procedeix a canviar la senyalització i obrir les barreres en l'altre sentit. Això fa que hi hagi un pic al Nivell de Servei d'aquesta hora, Nivell de Servei que no és real donat que la infraestructura està tancada. Entre les 21h i les 7h també hi ha un augment del Nivell de Servei a la infraestructura, valors no reals perquè durant aquest període també es tanca la infraestructura per al seu manteniment.

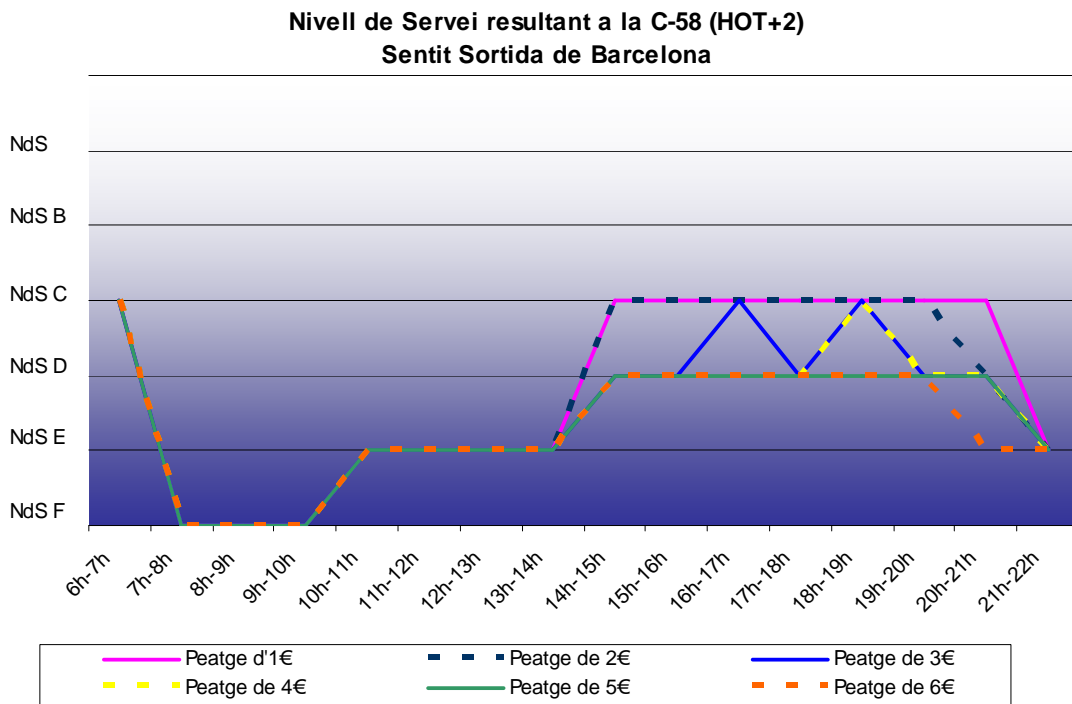
Es pot veure com a mida que el valor del peatge a pagar augmenta - i per tant menys vehicles accedeixen als nous carrils - la calçada gaudeix de Nivells de Servei més alts, fins arribar a un Nivell C quan el peatge assoleix els 6€. En canvi, a les calçades de la C-58 el resultat és l'invers, disminuint el Nivell de Servei fins l'E en sentit sortida o l'F, en sentit d'entrada a Barcelona (Figura 7. 9, Figura 7. 10 i Figura 7. 11).



Font: Elaboració pròpia

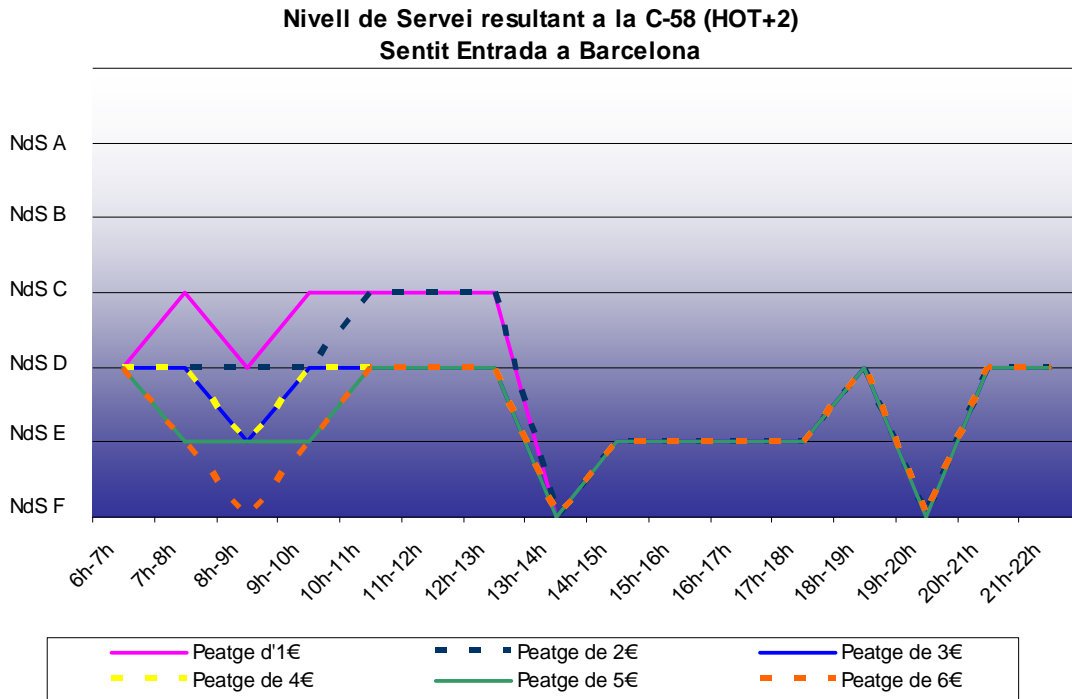
Figura 7.9 NdS als carrils HOT+2

En canvi, per al peatge d'1€ el nombre de vehicles disposats a pagar més els que compleixen els requeriments d'ocupació és tan elevat que la calçada dels nous carrils presenta uns Nivells de Servei molts baixos en ambdós sentits de circulació. Això fa que, per contra, la millora experimentada a les calçades de la C-58, entre les 7h i les 13h en sentit entrada i entre les 14h i les 21h en sentit sortida, sigui notable, obtenint Nivells de Servei pràcticament constants al Nivell C (Figura 7. 10 i Figura 7. 11).



Font: Elaboració pròpia

Figura 7.10 NdS a la C-58 (HOT+2). Sentit sortida



Font: Elaboració pròpia

Figura 7. 11 NdS a la C-58 (HOT+2). Sentit entrada

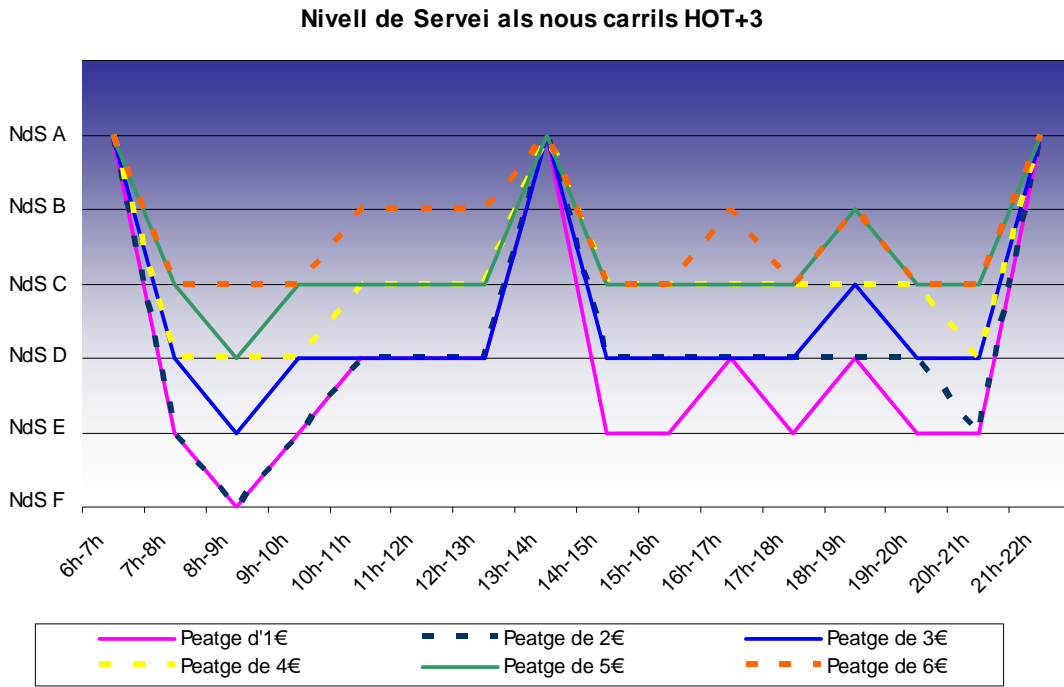
Així doncs, per decidir quin peatge és l'òptim cal trobar aquell amb el qual s'obté un Nivell de Servei global – a la calçada dels nous carrils i a la de la C-58 – més alt, sense desafavorir de forma excessiva els vehicles que han pagat per un servei preferent.

Es pot fer la mateixa anàlisi per al cas d'imposar requeriments d'ocupació de tres o més ocupants i permetre l'accés dels vehicles que no els compleixin pagant un peatge (HOT+3).

En aquest supòsit el nombre de vehicles que accedeixen de forma gratuïta és significativament menor, mentre que el nombre de vehicles que estan disposats a pagar per cada estalvi de temps és el mateix. Això es tradueix en l'increment d'un Nivell respecte l'aplicació d'un HOT+2 a la calçada dels nous carrils (Figura 7. 12).

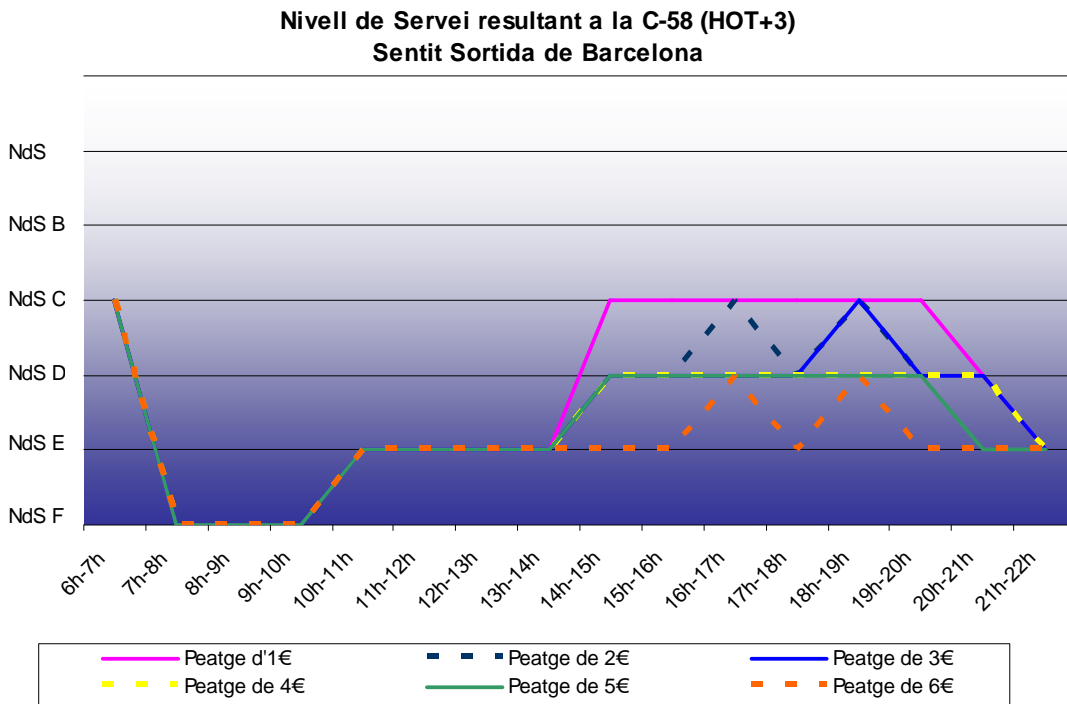
En canvi, a les respectives calçades de la C-58 les millores experimentades amb l'obertura dels carrils HOT+3 no són tan acusades i, de fet, en la majoria de les hores no s'assoleixen els Nivells de Servei que ofereix el HOT+2 (Figura 7. 13 i Figura 7. 14).

Cal fer notar que tots aquests resultats no tenen en compte la possible modificació de conducta dels conductors al veure que compartint el vehicle poden assolir els requeriments d'ocupació i per tant viatjar de forma gratuïta, o en el cas que no els compleixin, compartir les despeses del peatge i així gaudir dels avantatges que ofereix la nova infraestructura.



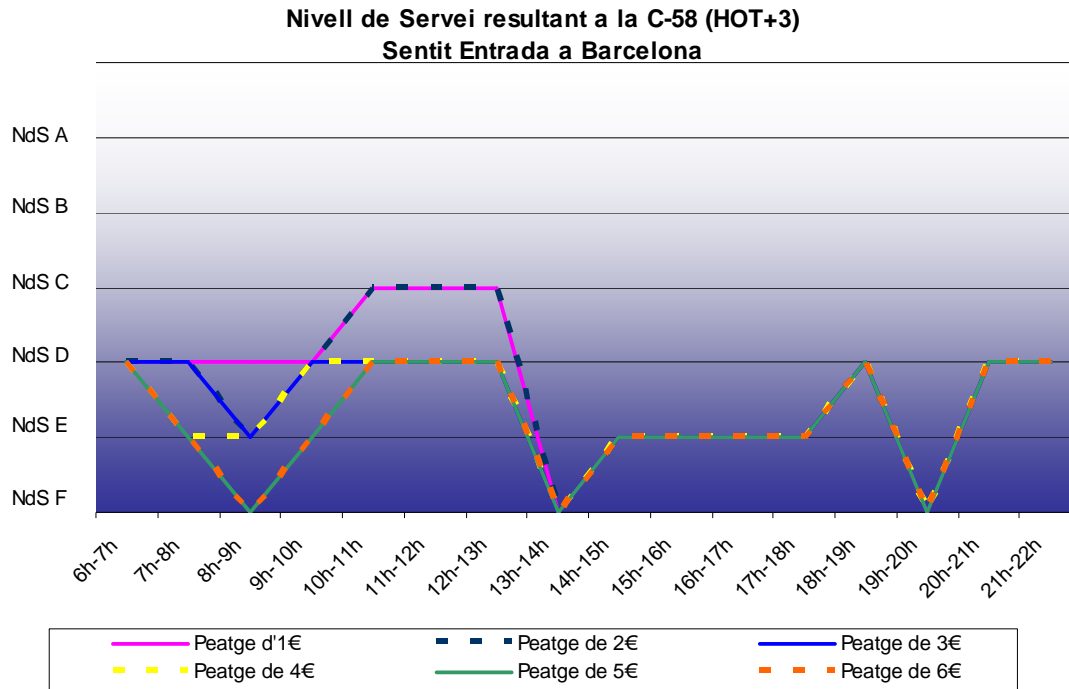
Font: Elaboració pròpia

Figura 7. 12 NdS als carrils HOT+3



Font: Elaboració pròpia

Figura 7. 13 NdS a la C-58 (HOT+3). Sentit sortida



Font: Elaboració pròpia

Figura 7. 14 NdS a la C-58 (HOT+3). Sentit entrada

7.2. 5 Escenari 4. Augment de la capacitat de la C-58

Un altre escenari possible seria no actuar sobre la demanda sinó sobre l’oferta, i considerar que aquest dos nous carrils reversibles formen part de les calçades ja existents de la C-58, permetent l’accés lliure als nous carrils a qualsevol tipus de vehicles. Aquesta seria una actuació de tipus clàssic, és a dir, el que s’ha fet fins avui dia: en el moment en què es detecten problemes de qualitat en el servei deguts a l’increment d’intensitat de vehicles en una via s’augmenta la capacitat d’aquesta.

En el càlcul del cost de la congestió d’aquest escenari s’ha fet la hipòtesi que tots els vehicles que surten de Barcelona o accedeixen a ella a través de la Meridiana ho farien a través dels dos nous carrils reversibles. Es fa aquesta hipòtesi pensant que el petit volum de vehicles que accedeixen a Barcelona a través d’aquesta via preferirien prendre la nova infraestructura, donat que es tractaria d’una via privilegiada al no disposar d’accessos intermitjos que fessin disminuir la velocitat dels vehicles que hi circulen i amb una demanda petita, garantint d’aquesta manera velocitats de circulació elevades.

A més, en sentit sortida, aquests carrils farien de by-pass del coll d’ampolla que es produeix pocs metres abans del PK 0+000 de la C-58, on els dos carrils de la Meridiana convergeixen amb els quatre carrils provinents del Nus de la Trinitat per acabar compartint la calçada de tres carrils en què es converteix la C-58.

Per tant, el nombre de vehicles que es considera que agafen la nova infraestructura de sortida de Barcelona és la intensitat registrada al PK 0+000 de la C-58 multiplicada pel factor de sortida, que com s’ha explicat anteriorment es considera que és un terç. En sentit d’entrada a la ciutat comtal el nombre de vehicles que circulen per la C-58 i que finalment accedeixen a través de la Meridiana resulta ser el 25% (ATM, 2002).

Cal recordar que al tractar-se de carrils reversibles només funcionen en cada sentit durant unes hores. En concret s’ha adoptat el mateix horari de funcionament que en tots els escenaris anteriors.

Així doncs, els vehicles que circulen per cada calçada i a cada hora així com els Nivells de Servei resultants de l’obertura d’aquests dos carrils reversibles són els recollits a les Taula 7. 15 i Taula 7. 16.

De la comparació dels resultats obtinguts en aquest escenari amb els de l’escenari anterior, amb carrils HOT+2 i HOT+3, es pot veure que, en sentit d’entrada a Barcelona, s’obtenen els mateixos Nivells de Servei que en el cas de carrils HOT amb requeriments d’ocupació de tres o més ocupants i peatge de 6€. En sentit de sortida, en canvi, els resultats obtinguts pel que fa a Nivells de Servei són equiparables als de la instal·lació de carrils HOT+2 amb un peatge de 5 o 6€.

Però aquests resultats tan similars qualitativament divergeixen quan es fa l’anàlisi quantitatiu. I és que mentre en aquest escenari es permet l’accés gratuït de qualsevol vehicle a l’escenari anterior s’afavoria l’ús de vehicles compartits, fent pagar als vehicles d’un sol ocupant, i per tant aconseguint una major eficiència en els desplaçaments.

Taula 7. 15 Nivells de Servei registrats als nous carrils i als carrils convencionals de la C-58. Sentit sortida de Barcelona

Sentit sortida de Barcelona					
MAIG 2012		NOUS CARRILS C-58		C-58	
	IH PK 7+000 (veh/h)	Vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	--	3.546	NIVELL C
7h-8h	7.737	0	--	6.849	NIVELL F
8h-9h	9.493	0	--	6.317	NIVELL F
9h-10h	7.591	0	--	6.741	NIVELL F
10h-11h	6.631	0	--	5.371	NIVELL E
11h-12h	6.587	0	--	5.371	NIVELL E
12h-13h	6.546	0	--	5.584	NIVELL E
13h-14h	6.903	0	--	5.979	NIVELL E
14h-15h	6.033	2.263	NIVELL C	4.594	NIVELL D
15h-16h	5.872	2.208	NIVELL C	4.484	NIVELL D
16h-17h	5.752	2.076	NIVELL C	4.216	NIVELL D
17h-18h	5.191	2.241	NIVELL C	4.550	NIVELL D
18h-19h	4.413	1.853	NIVELL C	3.762	NIVELL D
19h-20h	9.241	2.241	NIVELL C	4.549	NIVELL D
20h-21h	4.661	2.440	NIVELL D	4.955	NIVELL E
21h-22h	4.729	0	--	5.237	NIVELL E

Font: Elaboració pròpia

Taula 7. 16 Nivells de Servei registrats als nous carrils i als carrils convencionals de la C-58. Sentit entrada a Barcelona

Sentit entrada a Barcelona					
MAIG 2012		NOUS CARRILS C-58		C-58	
	IH PK 7+000 (veh/h)	Vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	--	4.365	NIVELL D
7h-8h	7.737	1.934	NIVELL C	5.803	NIVELL E
8h-9h	9.493	2.373	NIVELL C	7.120	NIVELL F
9h-10h	7.591	1.898	NIVELL C	5.693	NIVELL E
10h-11h	6.631	1.658	NIVELL B	4.973	NIVELL D
11h-12h	6.587	1.647	NIVELL B	4.940	NIVELL D
12h-13h	6.546	1.636	NIVELL B	4.909	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	--	6.903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	--	6.033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	--	5.872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	--	5.752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	--	5.191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	--	4.413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	--	9.241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	--	4.661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	--	4.729	NIVELL D

Font: Elaboració pròpia

Els resultats de l'estudi quantitatiu del cost de la congestió en aquest escenari es pot veure a les Taula 7. 17, mentre la Taula 7. 18 compara aquests costos amb els que produiria la no actuació.

Taula 7. 17 Costos de la congestió amb tres+dos carrils a la C-58

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	5.448	84.507
Al mes	240.568	2.487.669
A l'any	2.886.820	29.852.028

Font: Elaboració pròpia

Taula 7. 18 Estalvi en hores i en Euros pels usuaris del corredor

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	5.661	51.424
Al mes	119.863	1.859.156
A l'any	1.438.353	22.309.873

Font: Elaboració pròpia

Comparant els estalvis de congestió que ofereix aquest escenari (Taula 7. 18) amb els valors de les Figura 7. 7 i Figura 7. 8, per a l'escenari de carrils HOT+2 i HOT+3, es demostra l'eficiència de la que es parlava. Mentre el nombre d'hores invertides en congestió estalviades a diari en aquest cas són equiparables a les dels carrils HOT+2 o HOT+3 amb peatge d'entrada d'1€, ja no ho són quan el peatge s'incrementa, en què l'estalvi d'hores per als carrils HOT és major. Però els estalvis de congestió en Euros encara són molt més acusats. Si amb la incorporació de dos carrils a la C-58 amb accés

de qualsevol tipus de vehicle s'obté un estalvi diari de 51.500€ aquest assoleix els 77.300€ en el pitjor dels casos dels carrils HOT, arribant fins els 93.000€ d'estalvi diari en el cas dels carrils HOT+2 i peatge de 3€.

Aquestes desigualtats tan pronunciades es deuen a què en el càlcul del cost de la congestió en Euros s'ha tingut en compte el temps que perd en congestió cadascun dels ocupants dels vehicles. Per això, quan es calcula l'estalvi de congestió que els carrils HOT aconseguixen no només són més hores estalviades sinó que a més són més persones les que gaudeixen de l'estalvi i per tant menor el cost econòmic.

A part de què els resultats obtinguts amb la instauració de carrils HOT són millors, l'obertura dels dos carrils reversibles per a qualsevol vehicle seria actuar contra l'objectiu d'aquests carrils, que és incentivar un ús més responsable i sostenible del vehicle privat.

7.3 RESUM

A continuació es recull de forma gràfica un resum dels resultats obtinguts per a l'anàlisi quantitativa de cadascun dels escenaris. Aquesta informació recollida tota junta permet tenir una visió global dels avantatges que cada cas ofereix, que juntament amb l'anàlisi qualitatiu pot servir com a eina de judici d'elecció de la gestió que es vol implantar als nous carrils reversibles d'alta ocupació que s'estan executant a la C-58.

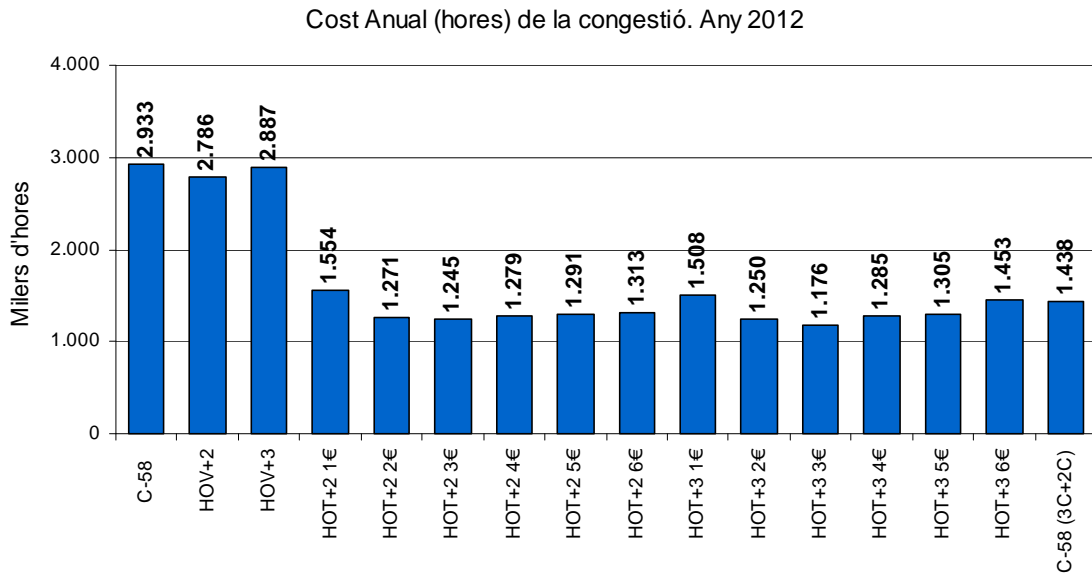


Figura 7. 15 Costos de congestió anuals en hores dels diferents models de gestió

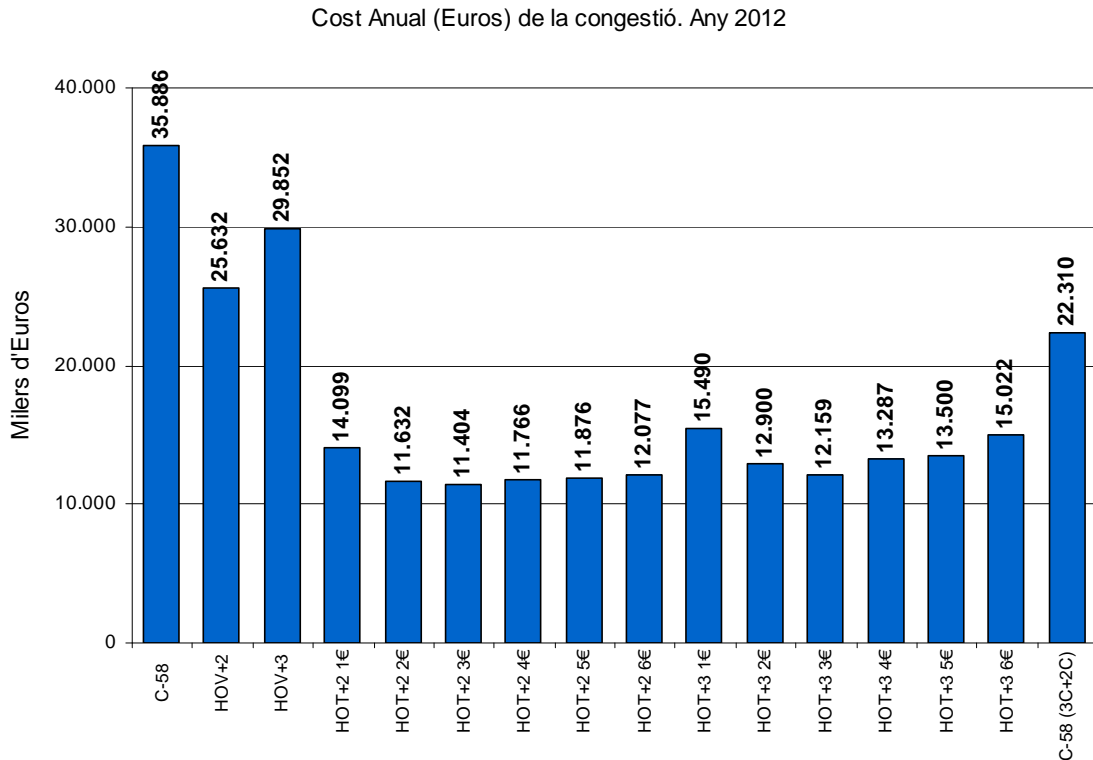


Figura 7. 16 Costos de congestió anuals en Euros dels diferents models de gestió

Tots els resultats exposats en aquesta tesina es poden consultar als Annexos adjunts al final del document sota els títols *Anàlisi Qualitatiu* i *Anàlisi Quantitatiu*.

Capítol 8. Conclusions

En un primer moment l'objectiu de la tesina era explicar en què consisteixen els *peatges o tarifes de congestió* i quina finalitat tenen. Centrar l'estudi en un d'aquest tipus de peatge de congestió, els HOT Lanes o Express Lanes, mirant en quins casos són especialment útils i quines exigències de disseny i funcionament tenen per després buscar similituds amb el cas de Barcelona i intentar buscar-ne l'aplicació. Però a partir de l'aparició de la primera infraestructura d'alta ocupació als accessos de Barcelona, actualment en execució, s'ha considerat idoni aplicar la gestió HOT en aquests futurs carrils HOV. De fet, l'experiència americana demostra que la transformació en HOT Lane d'una infraestructura d'alta ocupació infrautilitzada, tal i com s'ha comprovat que passa en aquest cas, és una de les situacions més avantatjoses.

S'ha considerat interessant basar l'estudi en estalvis de temps i de costos d'oportunitat que la nova infraestructura pot comportar. Així doncs s'han avaluat els costos de congestió associats als nous carrils, sota una gestió HOV+2, i s'han comparat amb els que eren esperables si no es realitzava cap actuació a l'autopista. S'ha fet el mateix considerant un augment en els requeriments d'ocupació per accedir a la nova infraestructura fins a HOV+3. Posteriorment s'ha aplicat la gestió HOT als nous carrils, considerant els dos requeriments d'ocupació i peatges des d'1 fins a 6€ i s'ha comparat amb l'alternativa de no actuació. Per acabar s'ha volgut contrastar els valors obtinguts amb els que resultarien d'obrir la nova capacitat creada a qualsevol tipus de vehicles.

De l'anàlisi dels resultats obtinguts sembla força clar que la modalitat de gestió triada per als futurs carrils BUS-VAO als darrers set quilòmetres de la C-58 d'accés a Barcelona a través de la Meridiana no és l'òptima ni la més eficient.

S'ha comprovat com qualsevol altre dels escenaris considerats obté uns estalvis de temps invertit en el desplaçament majors i per tant un menor cost pels usuaris del corredor. Això significa una despesa econòmica menor pels qui empren la nova infraestructura però també pels qui no hi tenen accés. Fins i tot permetre l'accés de qualsevol tipus de vehicle als nous carrils reversibles comporta una millora dels Nivells de Servei globals del corredor considerablement major a l'obtinguda amb carrils BUS-VAO+2.

Com que l'objectiu d'aquesta nova infraestructura és promoure un ús més eficient del vehicle privat afavorint aquells que registren major ocupació no sembla raonable permetre-hi l'accés de qualsevol tipus de vehicle. En canvi sí sembla rendible invertir una mica més en la nova infraestructura i dotar-la de sistemes de cobrament electrònic de peatges per tal d'implantar una gestió HOT als nous carrils. Tal i com s'ha vist, aquest sistema de gestió dona uns resultats encara més satisfactoris pel que fa als estalvis de temps i de despesa econòmica dels usuaris del corredor. A més és el que garanteix una major eficiència en l'ús dels vehicles.

L'increment d'inversió necessari enfront als més de 118 milions d'Euros pressupostats per a l'execució dels nous carrils és menyspreable si es compara amb els grans avantatges aconseguits. A més, amb aquest sistema de gestió apareix una nova font d'ingressos: els peatges pagats pels conductors que no compleixen l'ocupació dels vehicles però estan disposats a pagar pel servei. Si en el moment de la posada en funcionament és l'Administració qui s'ocupa de gestionar i mantenir els nous carrils, aquesta disposarà d'uns ingressos afegits que pot invertir en millorar el transport públic de la zona o en crear noves infraestructures d'aquest tipus. Si per contra la nova infraestructura acaba en mans d'una empresa privada sota règim de concessió d'explotació queden garantits un bon manteniment i gestió dels carrils al llarg de la durada de la concessió i amb ells l'eficiència de la infraestructura, ja que els ingressos de l'empresa privada en dependrien.

Tots els resultats obtinguts en aquesta tesina són el producte de considerar els volums de trànsit actuals a la C-58 transformats en els equivalents per a l'any de la posada en funcionament de la nova infraestructura. En el cas de futures ampliacions del treball fet en aquesta tesina es podria millorar l'estimació d'aquests volums de trànsit considerant dos elements nous. En primer lloc la comptabilització dels nous viatges atrets, induïts o generats per la nova infraestructura així com els convertits i, en segon lloc, un càlcul més ajustat de la funció logit multinomial emprada en l'avaluació del nombre de conductors disposats a pagar un peatge a canvi d'un estalvi de temps determinat.

Pel que fa als viatges generats i induïts, actualment ja existeix la C-58 i els nous carrils seran paral·lels a aquesta via, fet pel qual s'estima que aquestes components seran pràcticament nul·les. Respecte als viatges atrets, sí podrien aparèixer-ne si s'aconsegueix fer una bona gestió dels nous carrils, de forma que hi hagués vehicles que decidissin canviar de ruta a l'hora d'accedir o sortir de Barcelona per gaudir de l'estalvi de temps. Finalment, respecte als viatges convertits cal destacar que la línia C4 de rodalies de Renfe fa un trajecte similar al dels nous carrils. En concret des de l'estació de Cerdanyola del Vallès fins a la de Sant Andreu Arenal, amb un temps de trajecte de 13 minuts. Tot i així l'experiència demostra que l'elasticitat pel que fa al canvi modal entre transport públic i transport privat en cas de canvis en el preu d'aquest darrer és molt petita, de l'ordre de 0,1 (De Rus, 2003).

Pel que respecta a la funció logit multinomial, aquesta ha estat obtinguda a partir d'enquestes on es consideraven estalvis de temps entre deu i vint minuts. Donat que el màxim estalvi de temps registrable a la nova infraestructura és de cinc minuts caldria contrastar la validesa dels coeficients que la defineixen o portar a terme una nova enquesta considerant aquests estalvis de temps inferiors.

Finalment cal destacar que el càlcul del nombre de vehicles que accedeixen a la nova infraestructura de forma gratuïta, perquè compleixen els requeriments d'ocupació, és el corresponent al moment de la posada en funcionament de la infraestructura. Caldria veure la resposta dels usuaris del corredor davant dels avantatges disponibles si es comparteix el vehicle fins arribar a l'ocupació demanada i ajustar el peatge d'accés als carrils reversibles, per exemple anualment tal i com es fa als Express Lanes de la SR-91, per garantir en tot moment un Nivell de Servei preferent dins la infraestructura.

Referències Bibliogràfiques

ATM (2002), *Estudi de viabilitat de la implantació de carrils BUS a les vies d'accés a Barcelona*. Autoritat del Transport Metropolità.

Campbell, G. (2007), *Panorama of Transport*. EUROSTAT Statistical Books. Edition 2007, 34-37.

De Rus, G. (2003), *Economía del Transporte*. Antoni Bosch Ed.

Esquiús, A. “et al.”, López, R., López-Casasnovas, G., Garola, A., Ferragut, B. (2008), *El sistema de peatges a Catalunya*. Cambra de Comerç.

Federal Highway Administration, FHWA (2003), *A Guide for HOT Lane Development*. FHWA-OP-03-009.

Federal Highway Administration, FHWA (2006), *Congestion Pricing. A Primer*. FHWA-HOP-07-074.

Fernández de Villalta, E. (2006), *Camins*. Apunts ETSECCPB. UPC

Fundació RACC Automòbil Club (2007), *La congestión en los corredores de acceso a Barcelona*. Fundació RACC.

GISA (2001), *Estudi Informatiu del Carril Reservat per a autobusos a l'autopista C-58 entre el Nus de Ripollet i l'Avinguda Meridiana*. Gestió d'Infraestructures, S.A.

IERMB (2008), *Enquesta de Mobilitat en dia Feiner 2007*. Autoritat del Transport Metropolità, Ajuntament de Barcelona.

Llongueras, J. (2007), *Carril reservat per a autobusos a l'autopista C-58 entre el Nus de Ripollet i l'Avinguda de la Meridiana*. CICSA-INGÉROP.

Martínez, M.A. “et al.”, Cosmen, J., Pozo, M., Cicuendez, J.I., Toledo, M., Saenz, R., Schoch, P., Beech, T.W., Barbedo, S., Prieto, I., Dávila, R., Barredo, C., Martín, A., Paniagua, J., Muñoz, J.A., Golmayo, S. (2006), *Pago por uso y pago por congestión*. Noticias Grupo GMV, Vol.29, 4-10.

MCRIT (2007), *Enquesta als usuaris de TABASA*. TABASA Túnel d'Accés a Barcelona S.A.

Nobell, P. (2007), *Planificació i disseny de xarxes viàries*. Apunts ETSECCPB. UPC

Obenberger, J. (2002), *HOV Facility Development: A Review of National Trends*. Federal Highway Administration, Paper No. 02-3922.

OPINOMETRE, S.L. (2006), *Proyecto Congestión. Resultados de la encuesta de percepción*. OPINOMETRE S.L., Estudis de Mercat i Opinió Pública.

Pozueta, J.(1997), *Experiencia española en carriles de alta ocupación. La calzada BUS/VAO en la N-VI: Balance de un año de funcionamiento*. Instituto Juan de Herrera.

Sullivan, E. (1998), *Evaluating the Impacts of the SR91 Variable-Toll Express Lane Facility. Final Report*. Cal Poly State University, California.

Sullivan, E. (2000), *Continuation Study to Evaluate the Impacts of the SR91 Value-Priced Express Lanes. Final Report*. Cal Poly State University, California.

Altra bibliografia de consulta

<http://www.91expresslanes.com>

<http://www.bts.org>

<http://ec.europa.eu/eurostat>

<http://www.ine.es>

Estació d'aforament: 10180608 - Ripollet (Permanent) C-58 PK 6+002.
Aforaments Any 2006

Estació d'aforament: 10180608 - Ripollet (Permanent) C-58 PK 6+002.
Aforaments Any 2007

Agraïments

Vull agrair al tutor d'aquesta tesina, Àlvar Garola Crespo, tota la informació i material que m'ha proporcionat i els consells brindats durant el temps en què ha durat aquest estudi, però en especial li voldria agrair la gran disponibilitat que ha presentat i els ànims que m'ha donat.

També voldria agrair especialment a Xavier Abadia, Cap de Mobilitat del Departament Tècnic de l'Àrea de Fundació i Relacions Internacionals del RACC, la seva gran generositat a l'hora de facilitar tota la informació, material i dades dels quals disposava així com l'interès que ha posat en aquest projecte. Sense ell aquesta tesina no hauria estat possible. Finalment agrair a Eduard Fernández de Villalta Ferrer-Dalmau, professor de la Unitat d'Infraestructura del Transport i del Territori (ITT) de la UPC, els consells aportats sobre el camí a seguir en la metodologia de treball i la gran disponibilitat per atendre totes els meus dubtes.

Voldria donar les gràcies a tots els amics i companys que m'han ajudat d'una manera o altra a què aquesta tesina sigui una realitat, i que l'han enriquida amb les seves aportacions. Menció especial mereix David Llimiñana Aventín, que em va ajudar i aconsellar en l'enrevessada tasca de programar i m'ha estat animant i empenyent perquè aquesta tesina avui sigui un fet. I darrers, però no per això menys importants, vull agrair a Baltasar Fernández Gusart i Ariadna Salgado Sendra l'haver estat en tot moment al meu costat, oferint-me molt més del que podria demanar.

Finalment vull agrair al meus pares l'educació que m'han donat, i a ells juntament amb la meva germana el seu suport incondicional durant tot el temps que he estat treballant en aquest projecte i sempre.

ANNEX 1. *Anàlisi Qualitativa. Resultats Obtinguts*

ESCENARI 0. SITUACIÓ L'ANY 2012

Sentit sortida de Barcelona														
MAIG 2012	PK 0+000- 1+000		PK 1+000- 2+000		PK 2+000- 3+000		PK 3+000- 4+000		PK 4+000- 5+000		PK 5+000- 6+000		PK 6+000- 7+000	
	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS
6h-7h	3.546	NIVELL C	3.451	NIVELL C	2.960	NIVELL C	2.345	NIVELL B	3.010	NIVELL C	2.951	NIVELL C	2.561	NIVELL C
7h-8h	6.849	NIVELL F	6.541	NIVELL F	7.187	NIVELL F	5.091	NIVELL E	6.085	NIVELL E	5.985	NIVELL E	7.867	NIVELL F
8h-9h	6.317	NIVELL F	6.388	NIVELL F	4.910	NIVELL E	9.318	NIVELL F	6.204	NIVELL E	5.938	NIVELL E	7.018	NIVELL F
9h-10h	6.741	NIVELL F	5.848	NIVELL E	5.963	NIVELL E	9.366	NIVELL F	5.741	NIVELL E	5.350	NIVELL E	5.039	NIVELL E
10h-11h	5.371	NIVELL E	5.304	NIVELL E	4.826	NIVELL D	5.649	NIVELL E	4.949	NIVELL E	4.997	NIVELL E	4.590	NIVELL D
11h-12h	5.371	NIVELL E	5.612	NIVELL E	4.456	NIVELL D	4.375	NIVELL D	5.101	NIVELL E	5.310	NIVELL E	4.356	NIVELL D
12h-13h	5.584	NIVELL E	5.483	NIVELL E	4.314	NIVELL D	4.187	NIVELL D	5.395	NIVELL E	5.315	NIVELL E	4.315	NIVELL D
13h-14h	5.979	NIVELL E	5.998	NIVELL E	4.765	NIVELL D	4.695	NIVELL D	5.751	NIVELL E	5.744	NIVELL E	4.628	NIVELL D
14h-15h	6.857	NIVELL F	6.738	NIVELL F	5.814	NIVELL E	5.285	NIVELL E	6.414	NIVELL F	6.364	NIVELL F	5.263	NIVELL E
15h-16h	6.692	NIVELL F	6.722	NIVELL F	6.004	NIVELL E	5.681	NIVELL E	6.226	NIVELL E	6.152	NIVELL E	5.437	NIVELL E
16h-17h	6.292	NIVELL F	6.146	NIVELL E	5.955	NIVELL E	5.701	NIVELL E	6.026	NIVELL E	5.799	NIVELL E	5.201	NIVELL E
17h-18h	6.791	NIVELL F	6.901	NIVELL F	7.524	NIVELL F	6.844	NIVELL F	6.859	NIVELL F	6.507	NIVELL F	6.537	NIVELL F
18h-19h	5.616	NIVELL E	7.146	NIVELL F	6.796	NIVELL F	4.878	NIVELL D	4.727	NIVELL D	6.275	NIVELL E	8.427	NIVELL F
19h- 20h	6.789	NIVELL F	6.629	NIVELL F	6.825	NIVELL F	5.283	NIVELL E	5.081	NIVELL E	5.718	NIVELL E	8.543	NIVELL F
20h-21h	7.395	NIVELL F	6.202	NIVELL E	4.440	NIVELL D	4.372	NIVELL D	6.308	NIVELL F	5.483	NIVELL E	6.107	NIVELL E
21h-22h	5.237	NIVELL E	4.885	NIVELL D	3.697	NIVELL D	3.381	NIVELL C	4.686	NIVELL D	4.491	NIVELL D	4.361	NIVELL D

ESCENARI 0. SITUACIÓ L'ANY 2012

Sentit entrada a Barcelona														
MAIG 2012	PK 0+000- 1+000		PK 1+000- 2+000		PK 2+000- 3+000		PK 3+000- 4+000		PK 4+000- 5+000		PK 5+000- 6+000		PK 6+000- 7+000	
	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS	Veh/h (3C)	NdS
6h-7h	5.523	NIVELL E	5.168	NIVELL E	5.119	NIVELL E	4.703	NIVELL D	4.653	NIVELL D	4.315	NIVELL D	4.365	NIVELL D
7h-8h	8.034	NIVELL F	7.710	NIVELL F	8.041	NIVELL F	11.055	NIVELL F	7.679	NIVELL F	7.305	NIVELL F	7.737	NIVELL F
8h-9h	7.775	NIVELL F	7.160	NIVELL F	6.030	NIVELL E	9.249	NIVELL F	7.769	NIVELL F	7.287	NIVELL F	9.493	NIVELL F
9h-10h	6.465	NIVELL F	6.280	NIVELL E	6.280	NIVELL E	6.921	NIVELL F	6.617	NIVELL F	6.407	NIVELL E	7.591	NIVELL F
10h-11h	5.659	NIVELL E	5.614	NIVELL E	4.832	NIVELL D	4.733	NIVELL D	5.507	NIVELL E	5.705	NIVELL E	6.631	NIVELL F
11h-12h	5.724	NIVELL E	5.692	NIVELL E	4.848	NIVELL D	5.160	NIVELL E	5.571	NIVELL E	5.585	NIVELL E	6.587	NIVELL F
12h-13h	6.088	NIVELL E	5.916	NIVELL E	5.261	NIVELL E	5.187	NIVELL E	5.689	NIVELL E	5.669	NIVELL E	6.546	NIVELL F
13h-14h	6.717	NIVELL F	6.606	NIVELL F	6.205	NIVELL E	5.837	NIVELL E	6.171	NIVELL E	6.182	NIVELL E	6.903	NIVELL F
14h-15h	6.032	NIVELL E	6.189	NIVELL E	5.788	NIVELL E	5.006	NIVELL E	5.587	NIVELL E	5.792	NIVELL E	6.033	NIVELL E
15h-16h	6.382	NIVELL E	6.158	NIVELL E	6.181	NIVELL E	5.423	NIVELL E	5.836	NIVELL E	5.686	NIVELL E	5.872	NIVELL E
16h-17h	6.196	NIVELL E	5.887	NIVELL E	6.264	NIVELL E	5.530	NIVELL E	5.831	NIVELL E	5.572	NIVELL E	5.752	NIVELL E
17h-18h	5.963	NIVELL E	6.242	NIVELL E	7.142	NIVELL F	5.984	NIVELL E	5.822	NIVELL E	5.971	NIVELL E	5.191	NIVELL E
18h-19h	3.473	NIVELL C	6.655	NIVELL F	5.341	NIVELL E	5.374	NIVELL E	4.392	NIVELL D	6.536	NIVELL F	4.413	NIVELL D
19h-20h	4.626	NIVELL D	6.401	NIVELL E	4.640	NIVELL D	8.841	NIVELL F	4.991	NIVELL D	6.206	NIVELL E	9.241	NIVELL F
20h-21h	7.003	NIVELL F	5.861	NIVELL E	5.913	NIVELL E	8.257	NIVELL F	6.366	NIVELL E	5.419	NIVELL E	4.661	NIVELL D
21h-22h	6.351	NIVELL E	5.362	NIVELL E	5.398	NIVELL E	5.388	NIVELL E	5.424	NIVELL E	4.688	NIVELL D	4.729	NIVELL D

ESCENARI 1. IMPLANTACIÓ DE CARRILS BUS-VAO+2

Sentit sortida de Barcelona					
MAIG 2012		BUS - VAO+2		C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Nombre de vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Nombre de vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	--	3.546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	--	6.849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	--	6.317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	--	6.741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	--	5.371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	--	5.371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	--	5.584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	--	5.979	NIVELL E
14h-15h	6.857	566	NIVELL A	6.291	NIVELL F
15h-16h	6.692	552	NIVELL A	6.140	NIVELL E
16h-17h	6.292	519	NIVELL A	5.773	NIVELL E
17h-18h	6.791	560	NIVELL A	6.230	NIVELL E
18h-19h	5.616	463	NIVELL A	5.152	NIVELL E
19h-20h	6.789	560	NIVELL A	6.229	NIVELL E
20h-21h	7.395	610	NIVELL A	6.785	NIVELL F
21h-22h	5.237	0	--	5.237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona					
MAIG 2012		BUS - VAO+2		C-58	
	IH PK 7+000 (veh/h)	Nombre de vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Nombre de vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	--	4.365	NIVELL D
7h-8h	7.737	484	NIVELL A	7.254	NIVELL F
8h-9h	9.493	593	NIVELL A	8.900	NIVELL F
9h-10h	7.591	474	NIVELL A	7.116	NIVELL F
10h-11h	6.631	414	NIVELL A	6.217	NIVELL E
11h-12h	6.587	412	NIVELL A	6.175	NIVELL E
12h-13h	6.546	409	NIVELL A	6.137	NIVELL E
13h-14h	6.903	0	--	6.903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	--	6.033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	--	5.872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	--	5.752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	--	5.191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	--	4.413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	--	9.241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	--	4.661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	--	4.729	NIVELL D

ESCENARI 2. IMPLANTACIÓ DE CARRILS BUS-VAO+3

Sentit sortida de Barcelona					
MAIG 2012		BUS - VAO+3		C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Nombre de vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Nombre de vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	--	3.546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	--	6.849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	--	6.317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	--	6.741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	--	5.371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	--	5.371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	--	5.584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	--	5.979	NIVELL E
14h-15h	6.857	143	NIVELL A	6.714	NIVELL F
15h-16h	6.692	139	NIVELL A	6.553	NIVELL F
16h-17h	6.292	131	NIVELL A	6.161	NIVELL E
17h-18h	6.791	141	NIVELL A	6.650	NIVELL F
18h-19h	5.616	117	NIVELL A	5.499	NIVELL E
19h-20h	6.789	141	NIVELL A	6.648	NIVELL F
20h-21h	7.395	154	NIVELL A	7.241	NIVELL F
21h-22h	5.237	0	--	5.237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona					
MAIG 2012		BUS - VAO+3		C-58	
	IH PK 7+000 (veh/h)	Nombre de vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Nombre de vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	--	4.365	NIVELL D
7h-8h	7.737	122	NIVELL A	7.615	NIVELL F
8h-9h	9.493	150	NIVELL A	9.343	NIVELL F
9h-10h	7.591	120	NIVELL A	7.471	NIVELL F
10h-11h	6.631	104	NIVELL A	6.527	NIVELL F
11h-12h	6.587	104	NIVELL A	6.483	NIVELL F
12h-13h	6.546	103	NIVELL A	6.443	NIVELL F
13h-14h	6.903	0	--	6.794	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	--	6.033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	--	5.872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	--	5.752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	--	5.191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	--	4.413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	--	9.241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	--	4.661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	--	4.729	NIVELL D

ESCENARI 3A.1. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE D'1 EURO

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge d'1 Euro							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	3164	566	3730	NIVELL E	3127	NIVELL C
15h-16h	6.692	3088	552	3641	NIVELL E	3052	NIVELL C
16h-17h	6.292	2904	519	3.423	NIVELL E	2869	NIVELL C
17h-18h	6.791	3134	560	3.694	NIVELL E	3097	NIVELL C
18h-19h	5.616	2545	463	3.008	NIVELL D	2607	NIVELL C
19h-20h	6.789	3133	560	3.693	NIVELL E	3096	NIVELL C
20h-21h	7.395	3413	610	4.023	NIVELL E	3372	NIVELL C
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge d'1 Euro							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	3649	484	4.132	NIVELL E	3605	NIVELL C
8h-9h	9.493	4476	593	5.070	NIVELL F	4423	NIVELL D
9h-10h	7.591	3580	474	4.054	NIVELL E	3537	NIVELL C
10h-11h	6.631	3127	414	3.542	NIVELL E	3090	NIVELL C
11h-12h	6.587	3106	412	3.518	NIVELL E	3069	NIVELL C
12h-13h	6.546	3087	409	3.496	NIVELL E	3050	NIVELL C
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3A.2. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 2 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 2 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	2795	566	3360	NIVELL E	3496	NIVELL C
15h-16h	6.692	2728	552	3280	NIVELL E	3412	NIVELL C
16h-17h	6.292	2565	519	3.084	NIVELL D	3208	NIVELL C
17h-18h	6.791	2768	560	3.328	NIVELL E	3463	NIVELL C
18h-19h	5.616	2243	463	2.706	NIVELL D	2909	NIVELL C
19h-20h	6.789	2767	560	3.327	NIVELL E	3462	NIVELL C
20h-21h	7.395	3014	610	3.624	NIVELL E	3771	NIVELL D
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 2 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	3222	484	3.706	NIVELL E	4031	NIVELL D
8h-9h	9.493	3953	593	4.547	NIVELL F	4946	NIVELL D
9h-10h	7.591	3161	474	3.636	NIVELL E	3955	NIVELL D
10h-11h	6.631	2762	414	3.176	NIVELL D	3455	NIVELL C
11h-12h	6.587	2743	412	3.155	NIVELL D	3432	NIVELL C
12h-13h	6.546	2726	409	3.135	NIVELL D	3411	NIVELL C
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3A.3. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 3 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 3 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	2435	566	3000	NIVELL D	3857	NIVELL D
15h-16h	6.692	2376	552	2928	NIVELL D	3764	NIVELL D
16h-17h	6.292	2234	519	2.753	NIVELL D	3539	NIVELL C
17h-18h	6.791	2411	560	2.971	NIVELL D	3819	NIVELL D
18h-19h	5.616	1950	463	2.413	NIVELL D	3202	NIVELL C
19h-20h	6.789	2411	560	2.971	NIVELL D	3819	NIVELL D
20h-21h	7.395	2626	610	3.236	NIVELL D	4159	NIVELL D
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 3 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	2807	484	3.291	NIVELL D	4447	NIVELL D
8h-9h	9.493	3444	593	4.037	NIVELL E	5456	NIVELL E
9h-10h	7.591	2754	474	3.228	NIVELL D	4363	NIVELL D
10h-11h	6.631	2406	414	2.820	NIVELL D	3811	NIVELL D
11h-12h	6.587	2390	412	2.801	NIVELL D	3786	NIVELL D
12h-13h	6.546	2375	409	2.784	NIVELL D	3762	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3A.4. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 4 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 4 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	2093	566	2659	NIVELL D	4198	NIVELL D
15h-16h	6.692	2043	552	2595	NIVELL D	4097	NIVELL D
16h-17h	6.292	1921	519	2.440	NIVELL D	3852	NIVELL D
17h-18h	6.791	2073	560	2.633	NIVELL D	4158	NIVELL D
18h-19h	5.616	1673	463	2.136	NIVELL C	3479	NIVELL C
19h-20h	6.789	2072	560	2.633	NIVELL D	4157	NIVELL D
20h-21h	7.395	2257	610	2.867	NIVELL D	4528	NIVELL D
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 4 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	2413	484	2.897	NIVELL D	4840	NIVELL D
8h-9h	9.493	2961	593	3.554	NIVELL E	5939	NIVELL E
9h-10h	7.591	2368	474	2.842	NIVELL D	4749	NIVELL D
10h-11h	6.631	2068	414	2.483	NIVELL D	4149	NIVELL D
11h-12h	6.587	2055	412	2.466	NIVELL D	4121	NIVELL D
12h-13h	6.546	2042	409	2.451	NIVELL C	4095	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3A.5. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 5 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 5 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	1777	566	2343	NIVELL C	4514	NIVELL D
15h-16h	6.692	1735	552	2287	NIVELL C	4405	NIVELL D
16h-17h	6.292	1631	519	2.150	NIVELL C	4142	NIVELL D
17h-18h	6.791	1760	560	2.320	NIVELL C	4470	NIVELL D
18h-19h	5.616	1418	463	1.882	NIVELL C	3734	NIVELL D
19h-20h	6.789	1760	560	2.320	NIVELL C	4469	NIVELL D
20h-21h	7.395	1917	610	2.527	NIVELL D	4868	NIVELL D
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 5 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	2049	484	2.533	NIVELL D	5204	NIVELL E
8h-9h	9.493	2514	593	3.108	NIVELL D	6385	NIVELL E
9h-10h	7.591	2011	474	2.485	NIVELL D	5106	NIVELL E
10h-11h	6.631	1756	414	2.171	NIVELL C	4460	NIVELL D
11h-12h	6.587	1745	412	2.156	NIVELL C	4431	NIVELL D
12h-13h	6.546	1734	409	2.143	NIVELL C	4403	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3A.6. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 6 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 6 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	1492	566	2058	NIVELL C	4799	NIVELL D
15h-16h	6.692	1457	552	2009	NIVELL C	4684	NIVELL D
16h-17h	6.292	1369	519	1.889	NIVELL C	4404	NIVELL D
17h-18h	6.791	1478	560	2.038	NIVELL C	4752	NIVELL D
18h-19h	5.616	1189	463	1.652	NIVELL C	3963	NIVELL D
19h-20h	6.789	1478	560	2.038	NIVELL C	4752	NIVELL D
20h-21h	7.395	1610	610	2.220	NIVELL C	5176	NIVELL E
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+2). Peatge de 6 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+2)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	1721	484	2.204	NIVELL C	5533	NIVELL E
8h-9h	9.493	2111	593	2.704	NIVELL D	6788	NIVELL F
9h-10h	7.591	1688	474	2.163	NIVELL C	5428	NIVELL E
10h-11h	6.631	1475	414	1.889	NIVELL C	4742	NIVELL D
11h-12h	6.587	1465	412	1.877	NIVELL C	4710	NIVELL D
12h-13h	6.546	1456	409	1.865	NIVELL C	4681	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3B.1. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: TRES PERSONES). PEATGE D'1 EURO

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge d'1 Euro							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	3377	143	3520	NIVELL E	3337	NIVELL C
15h-16h	6.692	3296	139	3435	NIVELL E	3257	NIVELL C
16h-17h	6.292	3099	131	3230	NIVELL D	3062	NIVELL C
17h-18h	6.791	3345	141	3486	NIVELL E	3305	NIVELL C
18h-19h	5.616	2716	117	2833	NIVELL D	2782	NIVELL C
19h-20h	6.789	3344	141	3485	NIVELL E	3304	NIVELL C
20h-21h	7.395	3642	154	3796	NIVELL E	3599	NIVELL D
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge d'1 Euro							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	3831	122	3952	NIVELL E	3785	NIVELL D
8h-9h	9.493	4700	150	4849	NIVELL F	4644	NIVELL D
9h-10h	7.591	3758	120	3878	NIVELL E	3713	NIVELL D
10h-11h	6.631	3224	104	3329	NIVELL D	3303	NIVELL C
11h-12h	6.587	3203	104	3306	NIVELL D	3281	NIVELL C
12h-13h	6.546	3183	103	3286	NIVELL D	3260	NIVELL C
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3B.2. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: TRES PERSONES). PEATGE DE 2 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 2 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	2983	143	3125	NIVELL D	3732	NIVELL D
15h-16h	6.692	2911	139	3050	NIVELL D	3642	NIVELL D
16h-17h	6.292	2737	131	2868	NIVELL D	3424	NIVELL C
17h-18h	6.791	2954	141	3095	NIVELL D	3696	NIVELL D
18h-19h	5.616	2394	117	2511	NIVELL D	3105	NIVELL C
19h-20h	6.789	2953	141	3095	NIVELL D	3695	NIVELL D
20h-21h	7.395	3217	154	3371	NIVELL E	4025	NIVELL D
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 2 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	3383	122	3505	NIVELL E	4232	NIVELL D
8h-9h	9.493	4151	150	4300	NIVELL F	5193	NIVELL E
9h-10h	7.591	3319	120	3439	NIVELL E	4152	NIVELL D
10h-11h	6.631	2899	104	3004	NIVELL D	3627	NIVELL C
11h-12h	6.587	2880	104	2984	NIVELL D	3603	NIVELL C
12h-13h	6.546	2862	103	2965	NIVELL D	3581	NIVELL C
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3B.3. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: TRES PERSONES). PEATGE DE 3 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 3 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	2598	143	2741	NIVELL D	4116	NIVELL D
15h-16h	6.692	2536	139	2675	NIVELL D	4017	NIVELL D
16h-17h	6.292	2384	131	2515	NIVELL D	3777	NIVELL D
17h-18h	6.791	2573	141	2714	NIVELL D	4076	NIVELL D
18h-19h	5.616	2081	117	2198	NIVELL C	3418	NIVELL C
19h-20h	6.789	2573	141	2714	NIVELL D	4076	NIVELL D
20h-21h	7.395	2802	154	2956	NIVELL D	4439	NIVELL D
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 3 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	2947	122	3069	NIVELL D	4668	NIVELL D
8h-9h	9.493	3616	150	3765	NIVELL E	5728	NIVELL E
9h-10h	7.591	2891	120	3011	NIVELL D	4580	NIVELL D
10h-11h	6.631	2526	104	2630	NIVELL D	4001	NIVELL D
11h-12h	6.587	2509	104	2613	NIVELL D	3974	NIVELL D
12h-13h	6.546	2493	103	2596	NIVELL D	3949	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3B.4. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: TRES PERSONES). PEATGE DE 4 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 4 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	2234	143	2376	NIVELL C	4480	NIVELL D
15h-16h	6.692	2180	139	2319	NIVELL C	4373	NIVELL D
16h-17h	6.292	2050	131	2181	NIVELL C	4111	NIVELL D
17h-18h	6.791	2212	141	2353	NIVELL C	4437	NIVELL D
18h-19h	5.616	1786	117	1903	NIVELL C	3713	NIVELL D
19h-20h	6.789	2212	141	2353	NIVELL C	4436	NIVELL D
20h-21h	7.395	2409	154	2563	NIVELL D	4832	NIVELL D
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 4 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	2534	122	2655	NIVELL D	5082	NIVELL E
8h-9h	9.493	3109	150	3258	NIVELL D	6235	NIVELL E
9h-10h	7.591	2486	120	2605	NIVELL D	4986	NIVELL D
10h-11h	6.631	2171	104	2276	NIVELL C	4355	NIVELL D
11h-12h	6.587	2157	104	2261	NIVELL C	4326	NIVELL D
12h-13h	6.546	2143	103	2247	NIVELL C	4299	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3B.5. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: TRES PERSONES). PEATGE DE 5 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 5 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	1897	143	2039	NIVELL C	4817	NIVELL D
15h-16h	6.692	1851	139	1991	NIVELL C	4702	NIVELL D
16h-17h	6.292	1741	131	1872	NIVELL C	4421	NIVELL D
17h-18h	6.791	1879	141	2020	NIVELL C	4771	NIVELL D
18h-19h	5.616	1514	117	1630	NIVELL B	3985	NIVELL D
19h-20h	6.789	1878	141	2019	NIVELL C	4770	NIVELL D
20h-21h	7.395	2046	154	2200	NIVELL C	5196	NIVELL E
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 5 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	2151	122	2273	NIVELL C	5464	NIVELL E
8h-9h	9.493	2640	150	2789	NIVELL D	6704	NIVELL F
9h-10h	7.591	2111	120	2230	NIVELL C	5361	NIVELL E
10h-11h	6.631	1844	104	1948	NIVELL C	4683	NIVELL D
11h-12h	6.587	1832	104	1935	NIVELL C	4652	NIVELL D
12h-13h	6.546	1820	103	1923	NIVELL C	4622	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 3B.6. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: TRES PERSONES). PEATGE DE 6 EUROS

Sentit sortida de Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 6 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 0+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	3.546	0	0	0	--	3546	NIVELL C
7h-8h	6.849	0	0	0	--	6849	NIVELL F
8h-9h	6.317	0	0	0	--	6317	NIVELL F
9h-10h	6.741	0	0	0	--	6741	NIVELL F
10h-11h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
11h-12h	5.371	0	0	0	--	5371	NIVELL E
12h-13h	5.584	0	0	0	--	5584	NIVELL E
13h-14h	5.979	0	0	0	--	5979	NIVELL E
14h-15h	6.857	1593	143	1735	NIVELL C	5121	NIVELL E
15h-16h	6.692	1555	139	1694	NIVELL C	4999	NIVELL E
16h-17h	6.292	1462	131	1592	NIVELL B	4700	NIVELL D
17h-18h	6.791	1577	141	1719	NIVELL C	5072	NIVELL E
18h-19h	5.616	1269	117	1386	NIVELL B	4230	NIVELL D
19h-20h	6.789	1577	141	1718	NIVELL C	5071	NIVELL E
20h-21h	7.395	1718	154	1872	NIVELL C	5524	NIVELL E
21h-22h	5.237	0	0	0	--	5237	NIVELL E

Sentit entrada a Barcelona. Carril HOT (VAO+3). Peatge de 6 Euros							
MAIG 2012		HOT (VAO+3)				C-58	
	IH PK 7+000 (veh)	Vehicles/h (HOT+2) (2 Carrils)	Vehicles/h (VAO+2) (2 Carrils)	Vehicles/h totals (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	0	0	--	4365	NIVELL D
7h-8h	7.737	1806	122	1928	NIVELL C	5809	NIVELL E
8h-9h	9.493	2216	150	2366	NIVELL C	7127	NIVELL F
9h-10h	7.591	1772	120	1892	NIVELL C	5699	NIVELL E
10h-11h	6.631	1548	104	1653	NIVELL B	4979	NIVELL D
11h-12h	6.587	1538	104	1642	NIVELL B	4945	NIVELL D
12h-13h	6.546	1528	103	1631	NIVELL B	4914	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	0	0	--	6903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	0	0	--	6033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	0	0	--	5872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	0	0	--	5752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	0	0	--	5191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	0	0	--	4413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	0	0	--	9241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	0	0	--	4661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	0	0	--	4729	NIVELL D

ESCENARI 4. AUGMENT DE CAPACITAT A LA C-58 (3+2 CARRILS)

Sentit sortida de Barcelona					
MAIG 2012		NOUS CARRILS C-58		C-58	
	IH PK 7+000 (veh/h)	Vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	--	3.546	NIVELL C
7h-8h	7.737	0	--	6.849	NIVELL F
8h-9h	9.493	0	--	6.317	NIVELL F
9h-10h	7.591	0	--	6.741	NIVELL F
10h-11h	6.631	0	--	5.371	NIVELL E
11h-12h	6.587	0	--	5.371	NIVELL E
12h-13h	6.546	0	--	5.584	NIVELL E
13h-14h	6.903	0	--	5.979	NIVELL E
14h-15h	6.033	2.263	NIVELL C	4.594	NIVELL D
15h-16h	5.872	2.208	NIVELL C	4.484	NIVELL D
16h-17h	5.752	2.076	NIVELL C	4.216	NIVELL D
17h-18h	5.191	2.241	NIVELL C	4.550	NIVELL D
18h-19h	4.413	1.853	NIVELL C	3.762	NIVELL D
19h-20h	9.241	2.241	NIVELL C	4.549	NIVELL D
20h-21h	4.661	2.440	NIVELL D	4.955	NIVELL E
21h-22h	4.729	0	--	5.237	NIVELL E

Sentit sortida de Barcelona					
MAIG 2012		NOUS CARRILS C-58		C-58	
	IH PK 7+000 (veh/h)	Vehicles/h (2 Carrils)	NdS	Vehicles/h (3 Carrils)	NdS
6h-7h	4.365	0	--	4.365	NIVELL D
7h-8h	7.737	1.934	NIVELL C	5.803	NIVELL E
8h-9h	9.493	2.373	NIVELL C	7.120	NIVELL F
9h-10h	7.591	1.898	NIVELL C	5.693	NIVELL E
10h-11h	6.631	1.658	NIVELL B	4.973	NIVELL D
11h-12h	6.587	1.647	NIVELL B	4.940	NIVELL D
12h-13h	6.546	1.636	NIVELL B	4.909	NIVELL D
13h-14h	6.903	0	--	6.903	NIVELL F
14h-15h	6.033	0	--	6.033	NIVELL E
15h-16h	5.872	0	--	5.872	NIVELL E
16h-17h	5.752	0	--	5.752	NIVELL E
17h-18h	5.191	0	--	5.191	NIVELL E
18h-19h	4.413	0	--	4.413	NIVELL D
19h-20h	9.241	0	--	9.241	NIVELL F
20h-21h	4.661	0	--	4.661	NIVELL D
21h-22h	4.729	0	--	4.729	NIVELL D

ANNEX 2. *Anàlisi Quantitativa. Resultats Obtinguts*

ESCENARI 0. SITUACIÓ L'ANY 2012

PREVISIÓ DE COSTOS DE LA CONGESTIÓ DE LA C-58 L'ANY 2012

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	11.109	135.931
Al mes	244.400	2.990.478
A l'any	2.932.799	35.885.730

ESCENARI 1. IMPLANTACIÓ DE CARRILS BUS-VAO+2

COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS BUS-VAO+2

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	10.553	97.090
Al mes	232.171	2.135.971
A l'any	2.786.050	25.631.656

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS BUS-VAO+2

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	556	38.841
Al mes	12.229	854.506
A l'any	146.750	10.254.074

ESCENARI 2. IMPLANTACIÓ DE CARRILS BUS-VAO+3

COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS BUS-VAO+3

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	10.935	113.076
Al mes	240.568	2.487.669
A l'any	2.886.820	29.852.028

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS BUS-VAO+3

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	174	22.855
Al mes	3.832	502.809
A l'any	45.979	6.033.702

ESCENARI 3A.1. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE D'1 EURO**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+2 I PEATGE D'1€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	5.886	53.405
Al mes	129.489	1.174.910
A l'any	1.553.866	14.098.916

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+2 I PEATGE D'1€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	5.223	82.526
Al mes	114.911	1.815.568
A l'any	1.378.933	21.786.814

ESCENARI 3A.2. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 2 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 2€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	4.814	44.059
Al mes	105.904	969.308
A l'any	1.270.852	11.631.699

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 2€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	6.295	91.871
Al mes	138.496	2.021.169
A l'any	1.661.947	24.254.031

ESCENARI 3A.3. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 3 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 3€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	4.715	43.198
Al mes	103.736	950.365
A l'any	1.244.829	11.404.377

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 3€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	6.394	92.732
Al mes	140.664	2.040.113
A l'any	1.687.970	24.481.353

ESCENARI 3A.4. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 4 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 4€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	4.845	44.569
Al mes	106.597	980.514
A l'any	1.279.169	11.766.169

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 4€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	6.264	91.362
Al mes	137.802	2.009.963
A l'any	1.653.630	24.119.561

ESCENARI 3A.5. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 5 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 5€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	4.890	44.985
Al mes	107.573	989.674
A l'any	1.290.879	11.876.091

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 5€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	6.219	90.946
Al mes	136.827	2.000.803
A l'any	1.641.920	24.009.639

ESCENARI 3A.6. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 6 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 6€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	4.972	45.744
Al mes	109.389	1.006.378
A l'any	1.312.667	12.076.532

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+2 I PEATGE DE 6€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	6.137	90.186
Al mes	135.011	1.984.100
A l'any	1.620.133	23.809.198

ESCENARI 3B.1. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE D'1 EURO**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+3 I PEATGE D'1€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	5.711	58.676
Al mes	125.635	1.290.864
A l'any	1.507.615	15.490.370

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+3 I PEATGE D'1€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	5.398	77.255
Al mes	118.765	1.699.613
A l'any	1.425.184	20.395.360

ESCENARI 3B.2. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 2 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 2€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	4.736	48.865
Al mes	104.184	1.075.039
A l'any	1.250.213	12.900.467

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 2€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	6.373	87.065
Al mes	140.216	1.915.439
A l'any	1.682.586	22.985.263

ESCENARI 3B.3. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 3 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 3€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	4.455	46.057
Al mes	98.007	1.013.255
A l'any	1.176.078	12.159.058

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 3€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	6.654	89.874
Al mes	146.393	1.977.223
A l'any	1.756.721	23.726.672

ESCENARI 3B.4. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 4 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 4€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	4.867	50.329
Al mes	107.078	1.107.243
A l'any	1.284.930	13.286.914

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 4€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	6.242	85.602
Al mes	137.322	1.883.235
A l'any	1.647.869	22.598.816

ESCENARI 3B.5. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 5 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 5€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	4.945	51.135
Al mes	108.789	1.124.966
A l'any	1.305.469	13.499.598

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 5€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	6.164	84.796
Al mes	135.611	1.865.511
A l'any	1.627.330	22.386.132

ESCENARI 3B.6. CARRIL HOT (OCUPACIÓ MÍNIMA: DUES PERSONES). PEATGE DE 6 EUROS**COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 6€**

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	5.503	56.902
Al mes	121.059	1.251.848
A l'any	1.452.710	15.022.180

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 6€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	5.606	79.029
Al mes	123.341	1.738.629
A l'any	1.480.089	20.863.550

ESCENARI 4. AUGMENT DE LA CAPACITAT DE LA C-58 (3+2 CARRILS)

COSTOS DE CONGESTIÓ AMB LA IMPLANTACIÓ DE CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 6€

	Cost de la congestió en hores	Cost de la congestió en Euros
Al dia	5.448	84.507
Al mes	240.568	2.487.669
A l'any	2.886.820	29.852.028

ESTALVI DE COSTOS DE CONGESTIÓ. IMPLANTACIÓ CARRILS HOT+3 I PEATGE DE 6€

	Estalvi en hores	Estalvi en Euros
Al dia	5.661	51.424
Al mes	119.863	1.859.156
A l'any	1.438.353	22.309.873

ANNEX 3. *Aspectes Tècnics i Tecnològics de les
Infraestructures HOT/Express Lanes*

A ASPECTES TÈCNICS

A. 1 Disseny

El disseny d'una infraestructura HOT lane ve marcat per l'existència o no d'algun carril (VAO o general) convertible a HOT lane o si és necessària la construcció d'un nou carril.

En alguns casos és possible la construcció de nous carrils a la mitjana de l'autopista existent. En d'altres cal construir-lo a una banda i redefinir la prioritat de pas. En qualsevol cas, la modificació de les estructures existents així com de la senyalització i l'abalisament són probables.

Com es pot deduir, la conversió d'un carril d'alta ocupació a HOT lane és menys complicat. El paviment ja està estès i presumiblement no serà necessari ni l'eixamplament de la calçada ni l'adquisició de prioritat de pas. Tanmateix, per tal de garantir el nivell de servei i descoratjar la violació del peatge, els HOT lanes generalment requereixen d'un control d'accés.

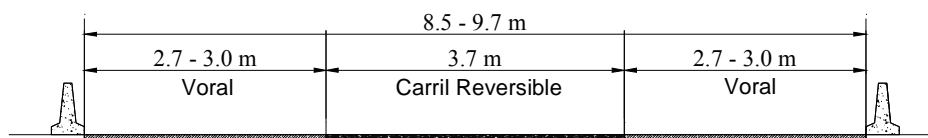
A la Taula A. 1 es recull la secció típica d'un carril HOT, on es pot veure que les amplades dels elements constitutius són les habituals a les de qualsevol altre carril convencional. Tal i com es fa durant el disseny dels HOV lanes, i sempre que es disposi d'una prioritat de pas adient, els HOT lanes se situen a la mitjana de la infraestructura existent. Però la construcció d'un nou carril a un corredor inevitablement comporta una reestructuració exhaustiva i no sempre és possible aconseguir les dimensions desitjades. En aquests casos cal fer una valoració dels sacrificis a adoptar.

Taula A. 1 Secció tipus d'un HOT lane

Element	Dimensió
Amplada del carril	3,70m
Amplada de voral (dret i esquerre)	Preferiblement 3,0m. Mínim: 0,60m
Amplada de separació (en HOT lanes no separats per barreres físiques)	1,20m

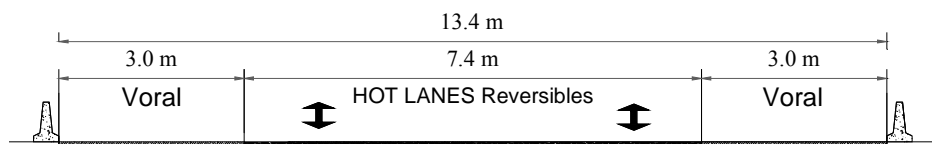
Font: FHWA, 2003

La configuració física i l'operació del carril HOT varia entre una gran varietat d'opcions, segons la demanda de viatges i les restriccions físiques. Normalment situats a la mitjana de l'autopista existent, pot estar constituït per un únic carril reversible o per un o dos carrils unidireccionals. Les seccions tipus habituals d'aquestes configuracions són les que s'adjunten a continuació.



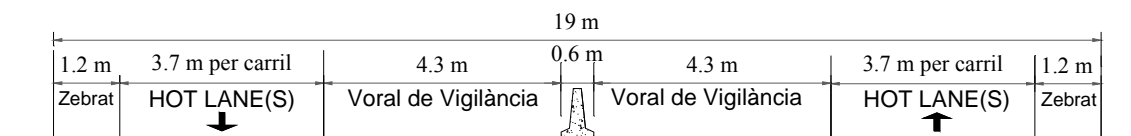
Font: FHWA, 2003

Figura A. 1 HOT lane reversible situat a la mitjana. Secció tipus (KATY FREEWAY)



Font: FHWA, 2003

Figura A. 2 HOT lanes reversibles situats a la mediana. Secció tipus (I-15)



Font: FHWA, 2003

Figura A. 3 HOT lane de dos carrils per sentit. Secció tipus (SR91)

El disseny de molts projectes HOT lane ve condicionat pel nombre d'accessos i la separació d'aquest respecte la resta de carrils de l'autopista. Els HOT lanes actualment en funcionament als EUA utilitzen barreres rígides (New Jerseys) o flexibles (pilons de plàstic) com a elements de separació i disposen d'un únic punt d'accés i sortida a la instal·lació. Els peatges són recaptats electrònicament a l'entrada.

Tot seguit s'estudien aspectes que apareixen en el disseny de HOT lanes però no són comuns en el disseny dels carrils convencionals.

A.1. 1 Separació

Tal i com s'ha vist anteriorment, existeixen diverses configuracions possibles a l'hora de dissenyar un HOT lane. Tanmateix, en totes elles es fa necessària la separació entre la instal·lació i els carrils convencionals, ja sigui per mitjà d'una línia pintada al paviment, una zona zebra o una barrera física. Preferiblement, en el cas de HOT lanes permanents, s'opta per les darreres ja que proporcionen un millor control de l'accés i són més efectius a l'hora de dissuadir als infractors i així mantenir els nivells de servei. A més, donats els habituals gradients de velocitat entre els HOT lane i els carrils convencionals la barrera física ofereix un element de seguretat en cas d'invasió del carril adjacent.

Pilons

Els pilons són la primera opció per separar els HOT lanes. Consistents en tubs de plàstic pintats amb pintura reflectant, de 90 cm d'alçada i col·locats a intervals regulars, compleixen una funció psicològica més potent que la senyalització horitzontal o el zebra però no ofereixen la protecció d'una barrera rígida. Els seus principals avantatges són que requereixen de menys espai i que són més econòmics d'instal·lar que les barreres contínues.

Tot i que no eliminen del tot l'entrada de conductors cap a la instal·lació redueixen la infracció fins a nivells admissibles. A més permeten l'entrada de vehicles de manteniment o d'emergència a través d'ells per arribar a més velocitat al punt

conflictiu. Tot i això, cal valorar el cost de manteniment diari d'aquest mètode de separació vers els altres.

Existeixen tres tipus de pilons de plàstic emprats als EUA:

1. Pilon de plàstic enganxats al paviment amb adhesiu
2. Pilon enganxats que recuperen la seva posició
3. Pilon retràctils controlats electrònicament

Respecte als segons, aquests tornen a la seva posició final quan un vehicle creua el carril, sense fer malbé el cotxe però emetent un fort soroll. Aquests pilons estan pensats per permetre el pas dels vehicles d'emergència i per suportar les condicions de l'hivern.

Finalment, els pilons retràctils poden ser elevats o baixats des d'un control remot. Això facilita les tasques de retirada de neu a l'hivern i l'accés dels vehicles d'emergència, però resulta un mètode car: vuit unitats valen 25.000 US\$.

Manteniment

Cada classe de piló té associat un tipus de manteniment. L'experiència americana demostra que el rati de substitució dels pilons enganxats amb adhesiu al paviment és del 10% dels elements cada 60-90 dies. Això suposa canviar tots els pilons cada any, a un preu de 60US\$ cadascun. Encara que són resistents, poden suportar un nombre determinat de cops abans de cedir i no recuperar la posició inicial. A més, poden sofrir impactes de magnituds capaces d'arrencar-los del terra i endur-se amb ells trossos d'aglomerat. De forma similar, els pilons remuntables generalment es fan malbé a causa dels impactes, però el seu rati de substitució és del 10 al 15% a l'any, inferior al dels pilons convencionals.

Depenent de la distància entre pilons i de la freqüència de substitució necessària, el cost material i de manteniment de les barreres consistents en pilons pot ser el més elevat. A més, els pilons retràctils necessiten un manteniment considerable, consistent en retirar els residus que s'hi acumulin i permetre la seva funcionalitat. Com en els altres casos, també requereixen ser substituïts després d'un determinat nombre d'impactes però a un cost lleugerament superior, degut al disseny.

Respecte a la retirada de la neu, aquest mètode de separació presenta dos inconvenients. A mida que la neu s'acumula es va enretirant cap al carril adjacent. Aquest fet fa que el carril en qüestió no pugui ser netejat totalment i a més es corre el risc que els pilons siguin malmesos per la maquinària de retirar la neu.

Barreres contínues

Les barreres de formigó contínues, tals com New Jerseys, són un tipus més resistent de barrera. Són preferibles des del punt de vista de l'impediment d'intrusió per part de vehicles i des de la seguretat. En cas de considerar la instauració d'un flux reversible dins del carril són imprescindibles. Per garantir la seguretat dels conductors cal pintar un zebra als punts d'accés i sortida al HOT lane, on la barrera contínua s'obre a la resta de carrils.

Com a inconvenient, cal tenir en compte que la presència d'aquest tipus de barreres farà incrementar el temps de resposta dels vehicles d'emergència. A més pot complicar la retirada de neu si no s'han previst vorals suficientment amples per emmagatzemar-la.

L'execució de barreres contínues de formigó normalment implica la modificació de l'autopista, tal com un eixamplament del voral. Cal garantir una amplada mínima entre el carril i la barrera, així com entre aquesta i els carrils convencionals. A més, cal afegir els gruixos dels zebrats. Tot i això es tradueix en una amplada necessària d'11 metres: 3.7 m en carrils + 1.2 m de zebra + 60 cm de barrera. Una barrera de formigó contínua té un cost de construcció més elevat que els pilons, però el de manteniment és inferior.

A.1.2 Accessos

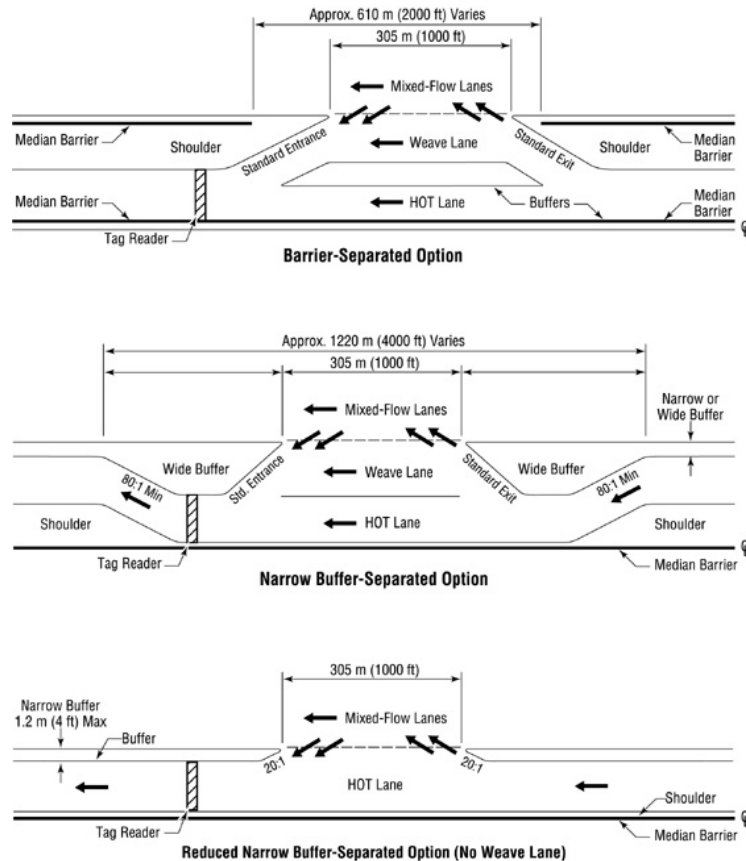
Aquest és un tema fonamental en el disseny i gestió d'una infraestructura HOT lane. Existeixen importants limitacions en el cost, operació, seguretat i vigilància associats als diferents nivells del control d'accés. Els dos tipus d'accés clàssics són els següents:

Accés a nivell

Els accessos a nivell, tant si estan delimitats per una línia pintada al paviment com per barreres disposen de trams de carril que guien cap a les obertures de les barreres o del zebra. A més aquests trams serveixen de carril d'acceleració i desacceleració per als vehicles que entren i surten.

La ubicació de l'obertura de les barreres i aquests trams de carril d'accés al HOT lane han d'estar acuradament coordinats amb les entrades i sortides a l'autopista i a més han d'oferir espai suficient per a permetre els moviments oscil·latoris dels conductors que canvien d'un carril convencional a un HOT lane. Es recomana una obertura de la barrera o del zebra de com a mínim 390m i una distància de 300m per carril entre el flux d'entrada i de sortida (veure Figura A. 4). A l'hora de determinar la ubicació d'aquests accessos cal tenir en compte la topografia local, les visuals, i les característiques operacionals dels carrils adjacents.

L'accés a nivell restringit per un zebra o la separació d'una barrera és una mesura efectiva per tal de garantir un accés controlat a la instal·lació. La confluència d'aquests trams de carril d'accés a les obertures del zebra o la barrera controla els accessos i sortides al HOT lane, minimitza els impactes del nivell de servei al carril gestionat i controla els moviments oscil·latoris a l'autopista paral·lela. Tot i que no requereix d'estructures cares sí necessiten un segment addicional de paviment i poden comportar modificacions als ponts i estructures de senyalització existents. Donat que existiran un nombre limitat de punts d'accés i sortida, les zones properes als accessos són potencials colls d'ampolla. Com a conseqüència, pot resultar interessant estudiar la possibilitat d'un accés a diferent nivell en zones d'important moviment oscil·latori entre el HOT lane i les trams d'intercanvi.



Font: FHWA, 2003

Figura A. 4 Dimensions dels accessos a nivell al HOT lane

Accés a diferent nivell

L'experiència enginyeril en autopistes defensa que la millor eficiència, seguretat, i capacitat s'aconsegueixen separant en diferents nivells els moviments conflictius. L'accés a diferent nivell redueix de forma considerable els moviments oscil·latoris alhora que proporciona un carril d'acceleració i desacceleració.

Les entrades i sortides als HOT lanes s'haurien de dissenyar de forma que no interferissin en el trànsit general de l'autopista adjacent i seguint les especificacions marcades per la normativa.

Senyalització dels accessos

Les senyals informatives són essencials en l'explicació del funcionament dels HOT lanes i per tal de garantir la seguretat en l'entrada i sortida a aquests. La senyalització hauria de proporcionar als conductors la següent informació:

- Ubicació dels accessos
- Distància a les rampes d'accés
- Requeriments d'ocupació
- Hores d'operació
- Cost

- Temes de vigilància de l'ocupació

A més cal oferir aquesta informació amb suficient antelació per permetre decidir al conductor si emprar o no la instal·lació i, en cas de fer-ho, poder entrar-hi de forma segura. No està de més afegir informació addicional com l'adreça i el número de telèfon del servei d'atenció a l'usuari o la pàgina web.

A.1.3 Senyalització del peatge

Aquest és un punt especialment important en el cas de peatge variable, tant si el peatge varia d'hora a hora com si ho fa segons el nivell de congestió existent als carrils adjacents i la disponibilitat d'excés de capacitat del carril gestionat (peatge dinàmic).

Quan aquest és el cas, els senyals de missatge variable (VSM: Variable Message Signs) són la millor opció per informar els conductors. A més, aquesta senyalització pot donar altres informacions als conductors, com les condicions de trànsit o les polítiques de vigilància.

Com a mínim cal col·locar una senyal, i preferiblement dues, abans del punt d'accés al HOT lane amb l'objectiu d'oferir als conductors la informació bàsica per decidir si utilitzar o no la instal·lació. Funcionen en paral·lel i sovint estan controlades per un centre de control de trànsit.

A.1.4 Àrees de vigilància

Els HOT lanes també haurien de disposar de zones des de les quals les agències de vigilància puguin controlar el trànsit i identificar els vehicles no autoritzats. Per tal de veure amb claredat el nombre d'ocupants dels vehicles en horari nocturn o en condicions climatològiques adverses, aquestes zones de vigilància haurien d'estar dotades de punts de llum. A més haurien de tenir la longitud suficient com per permetre accelerar a la velocitat de circulació del HOT lane en cas de ser necessari seguir un infractor. Cal que siguin amples per garantir la seguretat dels agents de vigilància i haurien d'estar col·locats propers als punts de peatge. El motiu d'aquesta recomanació és que les tecnologies actualment disponibles (vídeo i tèrmica) no permeten distingir clarament el nombre d'ocupants en un gran nombre de vehicles si aquests viatgen a grans velocitats i a més és un pràctic element dissuasori per aquells conductors que volen violar el sistema.

En les instal·lacions que disposen d'elements de separació rígids, com barreres New Jersey, no és necessària tanta vigilància.

B TECNOLOGIA

Aquest tipus d'infraestructura requereix d'una tecnologia que sovint excedeix els requeriments d'una autopista convencional. Necessita la instal·lació d'un sistema de cobrament electrònic dels peatges (ETC: Electronic Toll Collection) i segons la tipologia de la infraestructura també requereix una vigilància del trànsit en temps real així com el cobrament associat d'un peatge també variable en temps real.

Aquests sistemes tan sofisticats són els que permeten un cobrament eficaç del peatge, instaurar un sistema de peatges variable segons el nivell de servei existent als carrils

convencionals de l'autopista, mantenir unes condicions de trànsit millors als HOT lanes i transmetre el cost i la informació del trànsit als conductors.

B. 1 Cobrament electrònic del peatge (ETC)

Aquest sistema de cobrament de peatges permet als vehicles que accedeixen al HOT lane fer-ho a velocitats de circulació d'autopista, sense haver d'aturar-se a fer la transacció a la cabina de pagament.

Els components necessaris per poder instal·lar aquest sistema són els següents (FHWA, 2003):

Lane Controller: és qui coordina el funcionament de tot l'equip per a cada carril HOT. Emmagatzema quin teletags estan autoritzats a passar pel HOT lane i s'encarrega d'enviar la senyal del peatge que cal cobrar a cadascun. Normalment s'instal·la un per carril.

Automatic Vehicle Identification Systems (AVI): és l'aparell instal·lat al cotxe, el qual emet una radiofreqüència única i identificativa que l'antena col·locada sobre cada Hot lane recull. Aquí el corresponent lector interpreta el missatge i l'envia al Lane Controller, que determina si el vehicle està autoritzat, a quina classificació pertany i genera la transacció del peatge que pertoca.

Automatic Vehicle Classification Systems (AVC): són els sensors instal·lats al punt de pagament de peatge i verifica la classificació del peatge per carregar el petge corresponent. Normalment aquesta verificació es basa en el perfil del vehicle i el nombre d'eixos. Si hi ha discrepància entre el que els sensors observen i la informació emmagatzemada per aquella senyal de radiofreqüència s'actua conseqüentment segons estigui establert al protocol de penalitzacions.

Video Enforcement Systems: s'instal·len càmeres d'alta resolució sobre cada carril HOT amb l'objectiu de fotografiar el davant o darrere dels vehicles que no portin el teletag autoritzat o els que no corresponen amb la informació emmagatzemada en ell.

Mentre les tècniques de detecció tèrmica i altres noves tecnologies no siguin perfeccionades i detectin de forma acurada el nombre d'ocupants als vehicles aquest sistema de cobrament sumat a la vigilància visual són el mètode més efectiu. Però la necessitat d'aquest control visual encareix molt el sistema.

B. 2 Tecnologies ITS

Garantir un flux lliure de circulació així com un temps de trajecte conegut són les claus per a l'èxit d'un projecte de carrils de peatge variable. Els HOT lanes utilitzen les tecnologies ITS per controlar les condicions de trànsit i transmetre la informació als conductors. En determinats casos aquesta informació s'empra per a la definició dels peatges en temps real. A continuació s'enumeren les tecnologies ITS més habituals en aquestes infraestructures (FHWA, 2003):

Panells de senyalització variable (VMS: Variable Message Sign): Informen dels requeriments d'ocupació i del preu del peatge en aquell instant.

Senyal d'Ús de Carril (LUS: Lane Use Signal): Necessari en aquelles infraestructures que siguin reversibles o on cada carril tingui un sentit de circulació diferent segons l'hora. Senyalitzen que el carril està obert al trànsit amb una fletxa verda i prohibeixen la circulació pel carril quan mostren una creu vermella.

Circuit Tancat de Televisió (CCTV: Closed Circuit Television System): Un circuit tancat de televisió proporciona un control continu de les operacions de trànsit al llarg de tota la infraestructura. Si a aquest sistema se li suma la instal·lació de detectors de llaç es poden identificar situacions d'accident, enviar el respectiu equip de resposta i supervisar el restabliment del trànsit.

Altres eines com els radars o microones, els detectors de velocitat o volum de trànsit i les emissores de ràdio sobre l'estat del trànsit també juguen un paper important en la gestió de les infraestructures HOT de preu variable.

Des que les condicions de viatge en flux lliure i conèixer el temps de trajecte són essencials per a l'èxit dels projectes de HOT lane, les tecnologies ITS permeten als gestors d'aquestes infraestructures identificar de forma ràpida una situació conflictiva, respondre envers aquesta i controlar el restabliment del flux, ja sigui enviant missatges variables a la carretera per provocar un canvi de les condicions de circulació o emprant les emissores de ràdio d'informació per informar als conductors.