



Escola de Camins

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

PROJECTE O TESINA D'ESPECIALITAT

Títol

**LA DIFICULTAT D'AVALUAR ECONÒMICAMENT LES
LÍNIES D'ALTA VELOCITAT**

Autor/a

ARNAU SOLÀ MATA

Tutor/a

ANDRÉS LÓPEZ PITA

Departament

INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORT

Intensificació

INFRAESTRUCTURES FERROVIÀRIES

Data

JUNY 2014

LA DIFICULTAT D'AVALUAR ECONÒMICAMENT LES LÍNIES D'ALTA VELOCITAT

Treball Final de Carrera - Tesina

Enginyeria de Camins, Canals i Ports

Juny 2014

Autor: Arnau Solà Mata

Tutor: Andrés López Pita

RESUM

TÍTOL: LA DIFICULTAT D'AVALUAR ECONÒMICAMENT LES LÍNIES D'ALTA VELOCITAT

AUTOR: ARNAU SOLÀ MATA

TUTOR: ANDRÉS LÓPEZ PITA

La construcció de línies d'alta velocitat ferroviària durant els últims anys a Espanya ha posat de manifest que el ferrocarril pot ser un dels modes de transport amb més futur quan parlem de distàncies mitjanes, amb gran competència amb l'avió i el cotxe, ja que la seves característiques de rapidesa, comoditat i d'impacte ambiental el fan molt atractiu pels passatgers.

No obstant això, el seu elevat cost fa que molts països no hi inverteixin tant com s'ha fet a Espanya, el tercer país al món amb més quilòmetres d'alta velocitat operatius després de la Xina i el Japó. Els governs encarregats de les inversions públiques són els que decideixen quines línies es construeixen, i últimament han sorgit veus crítiques a aquesta política d'infraestructures per la seva baixa rendibilitat econòmica.

A través dels 3 corredors més importants ja existents a Espanya (nord-est, sud, est-Mediterrani) s'analitzarà com es van avaluar aquests projectes, quina metodologia van seguir, els costos, els beneficis i la seva rendibilitat final. S'ha de dir que ha estat molt difícil trobar informació governamental sobre els projectes d'avaluació existents, cosa que ha dificultat el procés d'anàlisi en alguns casos, i s'han utilitzat articles, manuals i estudis d'enginyers i economistes de renom en el camp de l'avaluació de projectes de transport.

Com s'avaluen econòmicament aquestes noves infraestructures de transport? Quins criteris s'han de seguir? I sobretot, quines dificultats hi ha a l'hora de fer l'avaluació? Són preguntes que s'intentaran contestar en aquest treball que intenta posar èmfasi en la dificultat que existeix a l'hora d'avaluar aquest tipus d'infraestructura, però que a la vegada, intenta crear un nou marc metodològic senzill, que es pugui utilitzar d'ara en endavant per l'anàlisi econòmica de les noves inversions que es projectin.

Paraules clau: anàlisi cost-benefici, línia d'alta velocitat (LAV), avaluació, transports.

ABSTRACT

TITLE: THE DIFFICULTY ON THE ECONOMIC EVALUATION OF HIGH SPEED RAIL

AUTHOR: ARNAU SOLÀ MATA

SUPERVISORS: ANDRÉS LÓPEZ PITA

The construction of high-speed rail in recent years in Spain has shown that the railway can be one of the best transport modes in the future, when it comes to medium range distances, with great competition with plane and car, as the characteristics of speed, comfort and environmental impact make it very attractive for passengers.

However, its high cost means that many countries do not invest as much as has been done in Spain, the third country in the world with more operational kilometers of high-speed rail after China and Japan. The governments in charge of public investments are the ones who decide which lines are built, and critics have recently emerged in the policy infrastructure because of its low profitability.

Through the three most important corridors existing in Spain (North-East, South and East-Mediterranean) we will analyze how they assess these projects, which methodology they followed, costs, profits and profitability. I must say it was very difficult to find information on government projects, which increase the difficulty about the process of analysis in some cases. Because of that, I used manuals and studies of engineers and economists with high reputation in the field of evaluation of transportation projects.

How to evaluate this new transport mode? What criteria should be followed to evaluate it? And the most important, which are the difficulties when doing the evaluation? This work will try to answer these kinds of questions, and it tries to emphasize the difficulty that exists in assessing this type of infrastructure, but at the same time, it creates a new and simple methodological framework that can be used hereafter for the economic analysis of new investments that are projected.

Key words: cost-benefit analysis, high-speed train (HST), evaluation, transports.

AGRAÏMENTS

Primer de tot agrair al professor Andrés López Pita la seva dedicació i suport durant la realització i consecució de la present tesina.

També molt important ha sigut l'ajuda rebuda per part de la meva família, que en tot moment m'han donat suport en els estudis d'aquesta carrera i m'han ajudat a tirar endavant en els moments més complicats d'aquesta.

I finalment, als meus amics i companys d'estudi que he conegut durant tots aquests anys, ja que han estat un suport moral i importantíssim tant en els moments bons com en els dolents, i amb els quals he après moltes coses tant en l'àmbit acadèmic com en el social.

Arnau Solà Mata

Barcelona, juny de 2014

ÍNDEX

RESUM	3
ABSTRACT	4
AGRAÏMENTS	5
1. INTRODUCCIÓ	10
2. OBJECTIU I ABAST DE LA TESINA	12
3. CONSTRUCCIÓ D'UNA LAV	14
3.1. <i>COSTOS</i>	15
3.1.1. Cost de construcció	15
3.1.2. Cost de manteniment de la infraestructura	17
3.1.3. Costos d'operació	17
3.1.4. Cost d'amortització	19
3.1.5. Costos del cicle de vida	20
3.1.6. Costos externs	22
3.1.7. Els sobre costos: obres en entorns urbans	23
3.2. <i>BENEFICIS</i>	23
3.2.1. Estalvi de temps	23
3.2.2. Major capacitat	25
3.2.3. Reducció d'externalitats	26
3.2.4. Trànsit generat	28
3.2.5. Beneficis econòmics addicionals	28
4. METODOLOGIA D'AVUACIÓ DE LA RENDIBILITAT ECONÒMICA DE LES LAV	29
4.1. <i>FASES DEL PROCÉS D'AVUACIÓ</i>	30
4.2. <i>L'ANÀLISI COST-BENEFICI (ACB)</i>	30
4.2.1. VAN	31
4.2.2. TIR	31
4.2.3. Taxa social de descompte	32
4.3. <i>PRINCIPIS ECONÒMICS EN L'AVUACIÓ</i>	32
4.4. <i>LA DEMANDA EN L'AVUACIÓ DE PROJECTES DE TRANSPORT</i>	34
4.4.1. Enquestes MOVILIA	35
4.4.2. Models agregats vs. Desagregats	35
4.4.3. Model economètric de regressió	36
4.4.4. Model de corredor o de captació	37
4.5. <i>TRÀNSIT GENERAT</i>	37
4.5.1 Models d'estimació del trànsit generat	38
5. EXPERIÈNCIES DISPONIBLES	39
5.1. <i>CORREDORS DE LAV A ESPANYA</i>	40
5.1.2. Evolució prevista del mercat a Espanya	41
5.1.2. Evolució històrica del mercat mundial	42
5.2. <i>CORREDOR NORD-EST (MADRID-BARCELONA)</i>	43
5.2.1. Tram Madrid-Saragossa	44
5.2.2. Tram Madrid-Barcelona	45

5.2.3. El model	45
5.2.4. Rendibilitat social de la línia Madrid-Barcelona	46
5.2.5. Conclusions	47
5.3. CORREDOR SUD (MADRID-SEVILLA-MÀLAGA)	47
5.3.1. Tram Madrid-Sevilla	48
5.3.1.1. Comptabilització dels costos	48
5.3.1.2. Comptabilització dels beneficis	49
5.3.1.3. Trànsit generat i intermodalitat	49
5.3.1.4. Estalvi de temps	50
5.3.1.5. Reducció dels costos externs: accidents i congestió	51
5.3.1.6. Resultats i conclusions	52
5.3.2. Tram Madrid-Màlaga	52
5.3.2.1. Rendibilitat social de la línia Madrid-Màlaga	52
5.3.2.2. Resultats i conclusions	55
5.4. CORREDOR EST-MEDITERRANI (MADRID-VALÈNCIA)	55
5.4.1. Comptabilització dels costos	56
5.4.2. Comptabilització dels beneficis	56
5.4.2.1. Ingressos per viatges generats	57
5.4.2.2. La intermodalitat	58
5.4.2.3. Estalvi de temps	59
5.4.2.4. Estalvi de costos en altres modes de transport	60
5.4.2.5. Estalvi per menors costos externs	61
5.4.3. Resultats i conclusions	61
6. ANÀLISI CRÍTICA DE LES AVALUACIONS REFERIDES	63
6.1. ALTA VELOCITAT A ESPANYA I A NIVELL MUNDIAL	64
6.2. ERRORS EN LA PREDICCIÓ DE LA DEMANDA	65
6.3. ERRORS EN LA PREDICCIÓ DE L'EVOLUCIÓ DE L'ECONOMIA	68
6.3.1. Taxa social de descompte	69
6.4. L'ACTUAL SISTEMA D'AVALUACIÓ I DE PRESA DE DECISIONS	70
6.4.1. Eines per a l'avaluació de projectes	70
6.4.2. Procés de presa de decisions	70
6.5. ESTUDI DEL CORREDOR NORD (MADRID-BARCELONA)	71
6.6. ESTUDI DEL CORREDOR SUD (MADRID-SEVILLA-MÀLAGA)	72
6.7. ESTUDI DEL CORREDOR EST-MEDITERRANI (MADRID-VALÈNCIA)	73
7. PROPOSTA D'UN NOU ENFOCAMENT	74
7.1. AVALUACIÓ DE PROJECTES I PRESA DE DECISIONS	75
7.1.1. Eines d'avaluació	75
7.1.2. Predicció de la demanda	76
7.1.3. Criteris de decisió	77
7.2. AVALUACIÓ ECONÒMICA	78
7.2.1. Estalvi i valor del temps de viatge	78
8. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS	79
8.1. CONCLUSIONS	80
8.2. RECOMANACIONS	82
9. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	84

ÍNDIX DE QUADRES

Quadre 3.1. Cost de construcció LAV a Espanya en funcionament (2010).....	16
Quadre 3.2. Cost manteniment LAV.....	17
Quadre 3.3. TAV a Europa: tipus de trens.....	18
Quadre 3.4. Costos LAV a Espanya.....	18
Quadre 3.5. Consum d'energia segons el mode de transport.....	19
Quadre 3.6. Vida útil dels diferents sistemes de la infraestructura.....	20
Quadre 3.7. Energia primària consumida pels diferents modes de transport.....	22
Quadre 3.8. Valor dels estalvis de temps per passatgers que utilitzen el tren a UK.....	24
Quadre 3.9. Valor del temps per passatgers segons mode de transport.....	24
Quadre 3.10. Estalvis de temps en les LAV a Espanya.....	25
Quadre 3.11. Costos externs segons diferents modes de transport.....	26
Quadre 5.1. Dades bàsiques LAV (Madrid-Barcelona).....	43
Quadre 5.2. Mode de procedència (%).....	44
Quadre 5.3. Mode de procedència (%).....	45
Quadre 5.4. Estalvis de temps en el trajecte Madrid-Barcelona.....	46
Quadre 5.5. Procedència dels viatgers desviats en el trajecte Madrid-Barcelona.....	46
Quadre 5.6. Dades bàsiques corredor Sud (Madrid-Sevilla-Màlaga).....	48
Quadre 5.7. Preus en els diferents modes de transport en el corredor Sud (€).....	51
Quadre 5.8. Dades bàsiques LAV corredor Est-Mediterrani (Madrid-València).....	56
Quadre 5.9. Temps de trajecte Madrid-València segons mode de transport.....	60

ÍNDIX DE GRÀFICS

Gràfic 3.1. Cost mitjà per quilòmetre d'infraestructura d'alta velocitat (M€/Km).....	16
Gràfic 3.2. Diagrama Iceberg.....	21
Gràfic 3.3. Temps de viatge: TAV vs. Tren convencional.....	25
Gràfic 5.1. Històric de passatgers en corredors LAV i LD a Espanya.....	41
Gràfic 5.2. Evolució prevista del mercat potencial de llarga distància (llarga distància).....	42
Gràfic 5.3. Evolució del trànsit d'AV a Europa.....	42
Gràfic 5.4. Evolució del trànsit acumulat: Àsia vs. Europa.....	43
Gràfic 5.5. Distribució modal en el trajecte Madrid-Sevilla abans i després del TAV (%).....	50
Gràfic 5.6. Temps de trajecte en el corredor Sud.....	51
Gràfic 5.7. Repartiment modal de viatgers segons mode de transport entre Madrid i Màlaga (%).....	53
Gràfic 5.8. Viatgers absorbits pel TAV.....	53
Gràfic 5.9. Estimació de viatgers Madrid-Màlaga (sense TAV).....	54

Gràfic 5.10. Estimació de viatgers Madrid-Màlaga (amb TAV).....	55
Gràfic 5.11. Evolució dels viatgers en ferrocarril pap: Madrid-València	57
Gràfic 5.12. Beneficis per nous viatges	58
Gràfic 5.13. Distribució segons el mode de transport abans del TAV (%).....	59
Gràfic 5.14. Evolució intermodalitat: ferrocarril vs. avió	59
Gràfic 5.15. Costos de producció per mode de transport_(€ per viatger/Km)	60
Gràfic 6.1. Quilòmetres operatius d'AV per cada 10.000 habitants.....	64
Gràfic 6.2. Passatgers per quilòmetres	65
Gràfic 6.3. Passatgers TAV Madrid-Saragossa-Barcelona (2008)	66
Gràfic 6.4. Evolució passatgers TAV Madrid-Màlaga.....	67
Gràfic 6.5. Passatgers TAV Madrid-València.....	68
Gràfic 6.6. Evolució del PIB a Espanya (1981-2012).....	69

1. INTRODUCCIÓ

El transport ferroviari d'alta velocitat (TAV) està considerat un dels avenços més significatius que s'han desenvolupat en el transport terrestre de passatgers en les últimes dècades. L'any 2008 existien prop de 10.000 km de noves línies ferroviàries d'alta velocitat a tot el món, i més del doble si comptem amb les línies convencionals també utilitzades pel TAV. En el cas d'Espanya, és el primer país europeu en km d'alta velocitat operatius (2.144 km, 2012) superant inclús França (2.036 km, 2012, país amb gran tradició en aquest mode de transport) i el tercer del món, per darrera la Xina (6.403 km) i el Japó (2.664 km).

Una línia d'alta velocitat ferroviària (LAV) és capaç de suportar trens tecnològicament preparats per arribar a velocitats de més de 250 km/h. Aquest nou mode de transport ofereix temps de viatge més competitius que altres modes (particularment amb el transport aeri en distàncies mitjanes i els trens convencionals), així com un augment de la qualitat del transport i de la capacitat en la línia.

Per altra banda, la inversió en infraestructura d'alta velocitat ferroviària comporta un elevat cost i és de naturalesa irreversible. En els darrers anys, els països europeus i particularment Espanya, estan destinant grans inversions d'obra pública en aquest sentit. Actualment, les inversions previstes a Espanya que es recullen en el PEIT, afecten més de 9.000 km de la xarxa actual, que seran millorats per suportar un trànsit d'altres prestacions. Aquesta xarxa té previst expandir-se al conjunt del territori peninsular i comportarà la construcció de més de 5.600 km d'alta velocitat (el que suposa un increment del 62% en relació amb la dotació actual). Amb l'objectiu de millorar l'accessibilitat al conjunt del territori, es pretén que totes les capitals de província estiguin connectades i tinguin accés al ferrocarril d'alta velocitat, de manera que el 90% de la població visqui a menys de 50 km d'una estació de la xarxa.

És per això, que molta gent es pregunta (i més ara en temps de crisi) si aquestes infraestructures d'última tecnologia són rendibles per la societat d'avui en dia. Però, com se sap si una infraestructura d'aquesta magnitud és rendible o no? Quins estudis es realitzen abans de portar a terme la construcció? Últimament s'han sentit veus a favor i en contra d'aquestes inversions, però cal fer un exercici de reflexió profund en aquest sentit. A part de la rendibilitat econòmica hi ha altres factors que també interactuen i que, com veurem, estan interrelacionats amb la construcció d'una nova línia d'alta velocitat.

Per respondre alguna d'aquestes preguntes s'estudiaran les anàlisis cost-benefici (ACB), ja que són les més utilitzades per a calcular si un projecte de transport és rendible econòmicament. Fins ara però, demostren que no són una ciència exacta i que els beneficis d'aquestes línies estan subjectes a una incertesa bastant elevada, ja que depenen de moltes variables desconegudes i que sovint s'han d'estimar. La inversió pública requereix estimar el cost inicial de construcció de la infraestructura i els fluxos de beneficis i costos operatius esperats durant la vida del projecte. En referència als fluxos de beneficis nets s'ha d'incloure els estalvis derivats de la congestió en el corredor afectat i la disposició a pagar dels usuaris, així com també els costos evitats gràcies a la introducció de la nova infraestructura (accidents, mediambientals, etc.), entre d'altres. Tot això, com es veurà, es fa assignant valors monetaris als beneficis i als costos, ja que els economistes han desenvolupat tècniques per obtenir aquestes mesures monetàries de benestar de l'individu, cosa que és més difícil de fer en altres àmbits com és el de l'educació o la sanitat.

Tots els projectes de transport tenen una característica en comú: quan es destinen recursos per a l'execució d'una nova infraestructura, s'està renunciant als beneficis nets que s'haurien obtingut si els mateixos recursos s'haguessin invertit en altres necessitats. L'actual crisi econòmica ha anat seguida d'una continuïtat en la despesa pública que ha ignorat criteris d'eficiència econòmica, i que ha fet veure que són moltes les inversions que s'han fet en projectes de baixa o nul·la rendibilitat econòmica, com són algunes línies d'alta velocitat, aeroports o autopistes.

Durant l'última dècada s'han generalitzat entre els països més desenvolupats algunes pràctiques de bon govern relatives a les inversions en infraestructures: una avaluació abans (*ex-ante*) dels projectes, l'establiment de Plans Econòmics i Financers, i l'avaluació posterior (*ex-post*) dels projectes. No obstant això, aquest tipus de pràctiques no han tingut gaire seguiment per part dels governs espanyols. En aquests moments, les característiques que conformen l'organització i presa de decisions dels gestors de les grans infraestructures de transport a Espanya no faciliten que es duguin a terme aquestes bones pràctiques. Aquest treball vol ser també una eina per reformar aquest disseny establert, que permeti avançar en els principis del bon govern en l'àmbit de les infraestructures de transport.

2. OBJECTIU I ABAST DE LA TESINA

La present tesina té com a objectiu primordial, tal i com indica el seu nom, veure quines són les dificultats que existeixen quan s'analitza des d'un punt de vista social i econòmic la rendibilitat d'una infraestructura ferroviària, en aquest cas d'alta velocitat, tant estesa i popular a hores d'ara a Espanya.

Realment és un tema amb un handicap inicial bastant elevat ja que no es disposa de gaires dades (i encara menys que siguin fiables) sobre les rendibilitats que aporta una línia d'aquestes característiques sobre el terreny i el que és més important, sobre la població. El que vol fer veure aquesta tesina és que és molt difícil, i no gens trivial, fer un anàlisi econòmic i social d'una línia d'alta velocitat. Com es veurà, no totes les línies construïdes a Espanya han realitzat un anàlisi exhaustiu sobre la seva viabilitat i rendibilitat econòmica abans de ser construïdes, sinó que l'anàlisi ha sigut posterior a la seva construcció, tot fent que fos una inversió sense saber ben bé si resultaria econòmicament rentable. D'aquest fet se'n poden extreure dues conclusions ràpides: la primera (econòmica) és que fins que no es té la infraestructura completament acabada no se sap realment quin impacte econòmic produeix, quin ha sigut el cost total final, quanta gent la fa servir, quants llocs de treball s'han creat, quants viatgers nous promou el nou sistema de transport, l'estalvi mediambiental produït, etc; totes aquestes variables són a priori molt difícils de calcular i determinar ja que no són ciències exactes, ni es sap el comportament que tindrà la gent envers la nova infraestructura. La segona (política), és que no interessa que se sàpiga si una LAV és no rendible un cop s'han pressupostat els diners per a la seva construcció (en el cas que no sigui rendible) ja que ha sigut i està sent l'emblema d'Espanya dels últims anys i bandera electoral dels dos grans partits polítics a Espanya (utilitzada per tots els governs, siguin de la ideologia política que siguin).

La present tesina es centra en analitzar les dificultats que presenta l'avaluació econòmica de les línies d'alta velocitat, mirant detingudament les diferents LAV construïdes a Espanya. És per això que es veuran les anàlisis econòmiques que s'han fet sobre ells (experiències disponibles), mirant quins models i pautes s'han seguit per avaluar-les. S'analitzaran, especialment, els estudis realitzats sobre les línies Madrid-Saragossa-Barcelona, Madrid-Sevilla-Màlaga i Madrid-València. Després d'analitzar el que comporta la construcció d'una línia d'alta velocitat, tant social com

econòmicament, i en base als diferents models que analitzarem, es farà una comparativa de les metodologies d'avaluació seguides en aquestes línies. Posteriorment, es farà una anàlisi crítica d'aquestes avaluacions, tot indicant quins són els punts forts i dèbils d'aquests estudis i es proposarà un nou enfocament sobre els estudis esmentats, intentant millorar-los i fent-los més òptims en quant a l'estudi econòmic de les LAV. Finalment, es veurà quines són les conclusions on s'ha arribat amb aquesta tesina i les recomanacions que se'n treuen d'aquesta anàlisi.

Per acabar, i per no caure en errors, es conclou que la finalitat no és discutir si s'hauria d'invertir o d'haver invertit en una línia concreta d'alta velocitat o en una altra, sinó aportar un marc metodològic senzill que es pugui utilitzar d'ara en endavant per l'anàlisi econòmica de les noves inversions que es projectin, tot recomanant que en cada nova inversió d'aquestes característiques s'avaluïn d'aquesta nova manera.

3. CONSTRUCCIÓ D'UNA LAV

En aquest capítol s'analitzarà el que comporta econòmicament construir una infraestructura ferroviària genèrica d'alta velocitat. Es miraran els costos (de construcció, manteniment, operació, etc.), el consum d'energia, els beneficis i altres punts que s'han de considerar per a la construcció d'una obra d'aquestes característiques. Seguidament es centrarà l'anàlisi econòmica en els costos: s'explicarà quins són els més importants i quin pes tenen en el pressupost global de construcció. Després, i de la mateixa manera, es veuran els beneficis que se n'extreuen d'aquesta inversió.

3.1. COSTOS

El cost de l'alta velocitat es deriva de la construcció de noves línies, estacions, material rodant específic, manteniment, explotació i externalitats, com poden ser: l'ocupació de nous terrenys, la intrusió visual, el soroll, la contaminació de l'aire i els efectes de l'escalfament global. A part d'això, el projecte comença estudiant les condicions del terreny i qualsevol restricció que pugui limitar posteriorment la velocitat comercial a valors inferiors a 250-300 km/h.

El cost fix de la nova infraestructura per quilòmetre és molt elevat, però crea una capacitat molt elevada: suposant 12 trens cada hora, amb 700 passatgers, s'obtenen 8.400 passatgers per hora. Els sistemes d'alta velocitat tenen un cost mitjà per passatger molt sensible al volum total de demanda que es transporta. Així doncs, com més demanda existeixi menys cost mitjà hi haurà per passatger i més valor social tindrà l'alta velocitat ferroviària.

3.1.1. Cost de construcció

Segons la *Union Internationale des Chemins de fer* (UIC, 2005), la construcció d'una nova LAV té tres grans partides de costos:

1. Planificació i preparació del terreny: inclou estudis de viabilitat tècnica i econòmica (previs a l'execució del projecte), costos de l'adquisició dels terrenys expropiats, així com costos administratius i legals. Generalment, aquesta partida suposa entre un 5% i un 10% del total de la inversió.

2. Construcció de la infraestructura: costos vinculats a la preparació física del terreny (moviments de terres, drenatges, contenció d'aigües, etc.) i a la construcció de la plataforma de balast sobre la qual es situaran les vies posteriorment. L'import d'aquesta partida depèn de cada projecte, lògicament en proporció a la longitud de la línies i a les característiques físiques prèvies del terreny. Com a mínim representa un 25% del total de la inversió. No obstant això, quan s'han de construir obres singulars d'enginyeria (ponts, viaductes, túnels, etc.) la partida pot suposar el 50%-60% del cost total del projecte.

3. Superestructura ferroviària: inclou la resta d'elements associats a la tracció per ferrocarril (travesses, riells, peces de subjecció, catenària, aparells d'electrificació i senyalització, seguretat, etc.). En aquest cas, el valor total associat a tot això és també proporcional a la longitud de la línia, i el seu import oscil·la entre el 10% i el 20% de la inversió total.

En el següent quadre 3.1 es pot veure els costos de construcció de les principals LAV en explotació a Espanya l'any 2010:

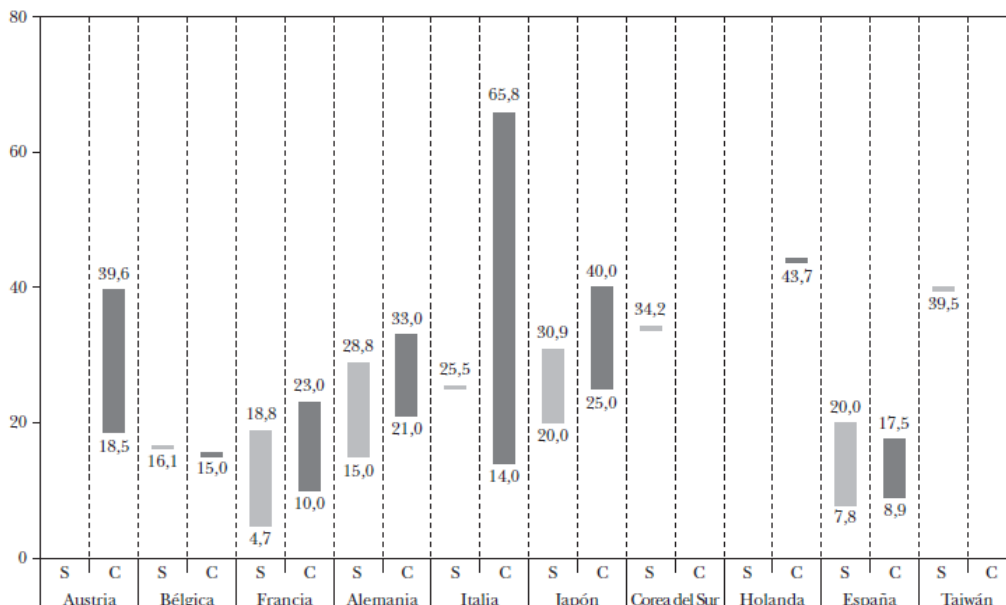
Quadre 3.1. Cost de construcció LAV a Espanya en funcionament (2010)

Línia	Posada en servei	Km	Cost (M€)	Cost/km
Madrid-Sevilla	1992	476	2.821,4	5,93
Madrid-Barcelona	2008	671	8.179,6	12,19
Córdoba-Málaga	2007	155	2.277,5	14,69
Madrid-Valladolid	2007	201	3.729,8	18,56

Font: Adif. Memoria Económica 2010.

Es veu com d'una línia a l'altre hi ha diferències bastant notables, així, si comparem el cost de construcció de la línia Madrid-Sevilla amb la de Madrid-Valladolid, veiem que aquesta última va tenir un cost per quilòmetre de més del triple que no pas la primera. El cost per quilòmetre varia segons el tram (a conseqüència de les diferents característiques de cada projecte) entre els 6 M€ i els 19 M€.

Gràfic 3.1. Cost mitjà per quilòmetre d'infraestructura d'alta velocitat (M€/Km)



Notes: S: línies en servei. C: línies en construcció (2006).

Fonts: El Transporte Ferroviario de alta velocidad (2009). Fundación BBVA.

El cost mitjà de construcció d'un quilòmetre de LAV varia entre els diferents països del món ja que depèn molt de l'orografia del terreny, cada projecte i dels procediments de construcció emprats. Mirant globalment els costos van dels 4,7 als 65,8 milions d'euros, amb un valor mitjà de 17,5M€/km (dades de l'any 2005, considerant 45 projectes d'arreu del món i sense incloure la planificació ni la preparació del terreny). Si ens fixem en els projectes ja en servei (24), el valor mig és de 18M€/km.

Si es mira a Europa, Espanya té una relació de costos semblants a França, això es deu no només a la similitud geogràfica sinó també en la dels procediments de construcció. Per exemple, a França utilitzen pendents de fins el 3,5% (en comptes del 1-1,5% que és el més habitual en el trànsit convencional). Incrementant la pendent mitjana es poden evitar construir un nombre excessiu de túnels i viaductes, reduint així els costos d'operació i manteniment. Això ho poden fer en aquelles LAV franceses on exclusivament hi viatgen passatgers. És per això que poden compensar aquest estalvi

amb l'adquisició de terrenys per fer el disseny dels trams més rectes. En d'altres països on la densitat de població és més elevada els costos de construcció solen ser majors, com és el cas del Japó i Corea del Sud.

3.1.2. Cost de manteniment de la infraestructura

En aquest apartat s'inclouen els costos laborals del personal de manteniment, els materials i els reposats, així com l'energia consumida en aquest tipus de tasques. El seu objectiu és garantir un perfecte estat de funcionament de tota la infraestructura, incloent vies, estacions i sistemes auxiliars. Hi ha una part important d'aquests costos que són fixos, depenent del programa de rutina i de seguiment, per mantenir un bon funcionament del nivell de servei i seguretat. Una altra part d'aquests costos serien els relacionats amb la via, els sistemes d'electrificació i senyalització, més grans si existeix intensitat d'ús (més trens diaris), encara que també les condicions meteorològiques poden influir-hi (pluges, focs, tempestes, etc.). Conforme diuen les estadístiques de la *Union Internationale des Chemins de Fer* (UIC, 2006), la proporció de costos laborals dins del total de costos es situa al voltant del 55% del manteniment dels sistemes de tracció elèctrica, 45% en el cas del manteniment de les vies i en el 50% en el manteniment de la resta d'equips.

Com es pot veure en el quadre 3.2 el manteniment de les vies representa un 40% dels costos totals de manteniment, després vindria la senyalització amb el 26% i les telecomunicacions amb el 17%. Molt per darrera queda l'electrificació (9%) i altres costos (8%). Finalment, veiem que el cost total de manteniment es pot estimar al voltant dels 33.000 €/km de via simple (valors 2002), per tant, agafant una línia estàndard de 500km, el cost de manteniment seria d'uns 30 M€/any.

Quadre 3.2. Cost manteniment LAV		
Manteniment de vies	13.531	40,4%
Electrificació	2.986	8,9%
Senyalització	8.654	25,9%
Telecomunicacions	5.637	16,8%
Altres costos	2.650	8,0%
Cost total de manteniment	33.458	100%
Manteniment línia estàndard 500 km	30 M€/any	

Nota: costos expressats en €/km de via simple.

Font: UIC (2005b).

3.1.3. Costos d'operació

Aquests costos són els relacionats amb el funcionament operatiu del material rodant. Principalment podem distingir 4 tipus de costos:

- a) Enganxament i operació dels trens (costos de tripulació i personal encarregat de la circulació).
- b) Manteniment del material rodant i equips auxiliars.

- c) Costos d'energia.
- d) Costos administratius i associats a la comercialització dels serveis.

En el quadre 3.3 es comparen els diferents tipus de TAV que existeixen a Europa en quant a capacitat i velocitat, així com el cost estimat d'adquisició per seient. A part d'això s'ha de dir que cadascun posseeix unes característiques tècniques diferenciades (longitud, composició, massa, pes, potència, etc.).

Quadre 3.3. TAV a Europa: tipus de trens

País	Tipo de tren	Fecha de primer servicio	Capacidad (asientos)	Distancia media (km)	Capacidad (asientos-km anuales)	Velocidad máxima (km/h)	Precio de compra estimado (euros/asiento)
Francia	TGV Réseau	1992	377	495.000	186.615	300/320	
	TGV Duplex	1997	510	525.000	267.750	300/320	33.000
	THALYS *	1996	377	445.000	167.765	300/320	
Alemania	ICE-1	1990	627	500.000	313.500	280	
	ICE-2	1996	368	400.000	147.200	280	
	ICE-3	2001	415	420.000	174.300	330	65.000
	ICE 3 Polyc.	2001	404	420.000	169.680	330	
	ICE/T	1999	357	360.000	128.520	230	
Italia	ETR 500	1996	590	360.000	212.400	300	37.000
	R 480	1997	480	288.000	138.240	250	42.300
España	AVE	1992	329	470.000	154.630	300	—

**THALYS dona servei entre França, Bèlgica, Holanda i Alemanya.
Font: El Transporte Ferroviario de alta velocidad (2009). Fundación BBVA.*

A part de la tecnologia, els costos d'operació del material rodant es poden veure afectats per factors com la longitud de la ruta o els requeriments mínims sobre la tripulació. En el quadre 3.4 es comparen els diferents costos de les línies segons els trams, així es destaca que els costos d'operació i de material rodant són molt importants i s'han de tenir en compte en el futur:

Quadre 3.4. Costos LAV a Espanya

	Longitud del tram (km)	Total infraestructura (M€) / (M€/km)	Manteniment (M€/any)	Material rodant (M€/unitat)	Operació (M€/any)
Madrid-València	365	4.818 (13,20)	41,11	26 (11 unitats)	112,5
Madrid-Sevilla	476	2.821 (5,93)	21,83	22 (16 unitats)	97,56
Madrid-Barcelona	671	8.179.6 (12.19)	39,80	21	101,46
Santander-Palència*	201	1.413 (7,03)	2,36	13,11	-

	Longitud del tram (km)	Total infraestructura (M€) / (M€/km)	Manteniment (M€/any)	Material rodant (M€/unitat)	Operació (M€/any)
Madrid-La Coruña*	623	7.910 (12,70)	68,53	21	97,56

* previst en estudi. Fonts varies. Elaboració pròpia.

En el següent quadre es veu una estimació del consum d'energia de les LAV en comparació amb altres modes de transport. Es pot comprovar com el TAV consumeix dues vegades més que el tren de rodalies. Aquest fet però, es veu compensat per factors de càrrega més elevats. D'altra banda, destaca el consum de l'avió per sobre de tots els altres modes de transport (més del triple que el TAV). En el cas del cotxe l'avantatge del TAV és menys important.

Quadre 3.5. Consum d'energia segons el mode de transport	
Cotxe de gasolina (autopista)	0,47
Cotxe dièsel (autopista)	0,34
Avió de passatgers (500km)	1,80
Tren de rodalies	0,22
TAV	0,53

Unitats: MJ/plaça-km.
Font: Van Essen et al. (2003)

Aquests costos associats al consum d'energia es poden calcular a partir del consum mitjà per quilòmetre (que és un factor associat al tipus de tren) i la distància recorreguda anualment. En aquest sentit, *Levinson et al. (1997)* senyalen que el consum energètic per passatger s'incrementa ràpidament amb la velocitat, la qual cosa suposa un desavantatge pel transport d'alta velocitat. Un altre factor que s'hauria de considerar és el preu de l'energia en la seva font i de quina forma es tarifica a l'operador.

3.1.4. Cost d'amortització

Aquest cost s'imputa a l'ús de l'equip productiu en el procés de producció, en altres paraules, la translació a termes econòmics de la depreciació o pèrdua de valor d'un bé. Es tracta de fer una estimació sobre el desgast efectiu que pateixen els materials i tot allò que pugui ser desgastat. En aquest cas distingim 3 tipus de causes que es produeixen a la vegada:

1. Funcional: pèrdua de valor lligada a l'ús normal dels béns, als serveis prestats durant la seva vida útil.
2. Física: depreciació de l'actiu pel sol fet que el temps transcorre, amb independència de que el bé s'utilitzi o no.
3. Obsolescència: conseqüència de l'avanç tecnològic.

Segons el criteri d'avaluació aplicat per Adif, l'amortització dels béns que formen part

de la infraestructura s'ha establert de manera sistemàtica i racional, en funció de la seva vida útil i del seu valor residual, sempre mirant quina és la seva depreciació pel seu funcionament i ús, sense considerar l'obsolescència tècnica o comercial que els podria afectar. Així doncs, segons la normativa aplicada per Adif (*Memoria de las Cuentas Anuales, 2010*), tots els béns de la infraestructura ferroviària són amortitzats, exceptuant el preu pagat per les expropiacions dels terrenys, amb una progressió geomètrica del 3% anual. En el quadre 3.6 es veu l'estimació de la vida útil de les diferents parts de la infraestructura:

Quadre 3.6. Vida útil dels diferents sistemes de la infraestructura	
Sistema	Vida útil (anys)
Plataforma	
Moviments de terres	100
Túnels, ponts i obres de fàbrica	100
Drenatge	25
Tancaments	50
Superestructura de via	30-60
Instal·lacions elèctriques	
Línies d'àrea de contacte	20
Elements de suport línies d'àrea	60
Subestacions elèctriques	60
Senyalització, seguretat i comunicacions	25
Material mòbil	10-20
Edificis i altres construccions	50

Font: Adif. *Memoria Económica 2010.*

Entenem per vida útil tots els anys durant els quals s'espera que el bé immobilitzat produeixi de manera raonable el rendiment pel qual ha estat dissenyat. Es tracta d'un període estimat en base a estudis tècnics específics, on s'han tingut en compte les causes que intervenen en les depreciacions que s'han comentat.

3.1.5. Costos del cicle de vida

Al llarg de la vida útil d'un projecte es generen com ja s'ha vist uns costos, que juntament amb els costos d'adquisició, manteniment, millora, modificació i retirada és el que es defineix com a cost del cicle de vida (Life Cycle Cost, LCC), el qual s'ha de tenir en compte a l'hora d'analitzar econòmicament una inversió. Aquest cost el componen tres variables:

1. Cost associat a la propietat
2. Període de temps durant el qual tindrem aquestes despeses
3. Taxa de descompte que s'aplica a les futures despeses per equiparar-les als costos actuals.

Les despeses adquirides durant el cicle de vida es poden agrupar en dos grans

categories:

- a) La inicial: efectuades abans de l'entrada en funcionament del servei de la línia.
- b) Les futures: efectuades una vegada ha entrat en funcionament el servei.

Analitzar els costos de cada un d'aquests subgrups és molt difícil ja que gairebé tots els costos en el moment de l'estudi del LCC són desconeguts, és el que s'anomena "problema de visibilitat dels costos". Per tant, el càlcul del LCC es fa amb previsions i estimacions, les quals es basen en informacions precedents, que provenen de l'experiència i càlculs teòrics realitzats pel fabricant, així com de la informació subministrada tant per usuaris com fabricants.

Així doncs, l'anàlisi de LCC serà el valor resultant del càlcul teòric de les despeses que, previsiblement, haurà d'afrontar l'operador durant tota la seva vida útil.

Seguidament es mostra l'anomenat Diagrama Iceberg (Gràfic 3.2), on es veu d'una manera visual i senzilla la multitud de costos involucrats al llarg del cicle de vida d'un projecte i la magnitud dels mateixos.

Gràfic 3.2. Diagrama Iceberg



Font: Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

3.1.6. Costos externs

L'impacte mediambiental de les LAV no és nul. Tant la construcció d'una LAV, com l'operativa dels trens d'alta velocitat, impliquen costos ambientals: per ocupació del sòl, intrusió visual, soroll, contaminació de l'aire, contribució a l'escalfament global, etc. D'aquests impactes els tres primers són probablement els que tenen un major impacte quan la línia travessa una àrea urbana o densament poblada.

Com que els TAV van impulsats per energia elèctrica, la contaminació de l'aire i l'impacte sobre l'escalfament global depenen del combustible primari que s'utilitzi per generar aquesta electricitat. És per això que en països que utilitzen l'energia hidroelèctrica i nuclear, aquest impacte és mínim, mentre que aquells que fan servir carbó, petroli o gas tindran un impacte més significatiu envers el medi ambient, ja que la contaminació de l'aire es produeix quan es genera l'energia elèctrica que el tren utilitza.

Per avaluar l'impacte ambiental de les LAV es pot mirar la procedència del trànsit desviat. Una manera de veure els costos mediambientals d'aquest mode de transport és comparar-lo amb d'altres. Pel trànsit desviat del tren convencional, l'impacte ambiental pot ser lleugerament negatiu, mentre que pels viatges generats l'impacte és clarament negatiu. D'altra banda, per viatges desviats del cotxe i de l'avió, l'efecte és totalment positiu (si mirem el consum d'energia i gasos d'efecte hivernacle).

Quadre 3.7. Energia primària consumida pels diferents modes de transport	
TAV	2,5
Cotxe privat	6
Avió	7

*Unitats: litres de petroli per cada 100 passatgers/km
Font: El transporte ferroviario de alta velocidad. BBVA*

Mirant el quadre 3.7 es pot veure que el volum d'emissió de gasos contaminants associat al ferrocarril, comparant-lo amb els altres modes de transport i en relació amb el número de passatgers que transporta, és molt petit. Per tant, en aquest cas es pot considerar l'ús del TAV com un benefici pel medi ambient.

Pel que respecte a la contaminació acústica s'han fet estudis en corredors d'alta velocitat, arribant als 80-90 dB(A), la qual cosa resulta molesta quan el corredor passa per zones habitades. El que seria necessari en aquests casos seria construir passadissos ferroviaris més amples i amb panells d'insonorització laterals.

En el tema de la seguretat, s'ha demostrat durant els últims anys que qualsevol comparació d'estadístiques d'accidents i mortalitat entre els diferents modes de transport confirma que el TAV (junt amb el transport aeri) és un dels modes de transport de viatgers més segurs en termes de número de morts per milió de passatgers/km transportats. En el cas del TAV, les consideracions que es fan en quant al disseny del traçat i els sistemes de seguretat són molt importants, i això comporta l'alt

cost de la construcció i manteniment d'aquest tipus d'infraestructura.

Finalment, existeixen altres costos externs al ferrocarril: l'efecte barrera i la intrusió visual, els quals són difícils d'analitzar i quantificar, ja que es consideren costos socials. Normalment, si es quantifiquen aquests costos en el projecte, se'ls inclou dins dels costos de construcció, dins del camp relacionat amb el moviment de terres.

3.1.7. Els sobre costos: obres en entorns urbans

La realització d'obres en entorns urbans on concorren en un mateix corredor múltiples infraestructures és una font significativa de sobre costos, i més, quan l'altre infraestructura és ferroviària, ja que s'ha de treballar en períodes de tall de serveis (curts i nocturns) i cal actuar en els sistemes de senyalització de les línies ja existents.

L'entrada a les ciutats i les solucions que s'han de donar a les estacions que es construeixen per la nova línia és una altra font d'increment dels costos de construcció. També s'ha de fer referència a que molts cops s'internalitzen els costos de construcció o ampliació per modernització de les estacions centrals (actuacions "no ferroviàries"), ja que és una gran oportunitat per l'urbanisme de les ciutats, però no ajuda en l'eficiència econòmica que se li demana al tren.

3.2. BENEFICIS

Com s'ha vist, els països que decideixen invertir en LAV han de fer front als elevats costos derivats de la seva construcció. Aquests costos, des d'una perspectiva cost-benefici han de ser compensats pels beneficis socials que se'n deriven de la inversió. Els principals beneficis de les LAV que s'estudiaran seguidament són:

- Estalvi de temps
- Major capacitat
- Reducció d'externalitats respecte a altres modes de transport (congestió, accidents, etc.)
- Trànsit generat
- Beneficis econòmics addicionals (millores en la productivitat i desenvolupament regional)

3.2.1. Estalvi de temps

Aquest és un dels principals beneficis que té l'alta velocitat respecte els altres modes de transport (exceptuant l'avió), ja que amb velocitats entre 250-350 km/h, l'estalvi de temps produït per aquest mitjà de transport és notable.

Segons el Departament de Transport del Regne Unit, el valor d'estalvi de temps pels passatgers és el següent:

Quadre 3.8. Valor dels estalvis de temps per passatgers que utilitzen el tren a UK	
Valoracions estàndards	€/h, preus de 2002
Oci	3,8
Desplaçament per treballar	4,3
Negocis	34,1

Font: Institute for Transport Studies (2003).

L'alt valor del temps dels viatges per motius de negocis està basat en que aquests viatges normalment es produeixen durant hores de treball i això redueix directament la productivitat del mateix. Però en el cas dels TAV, hi trobem dues distincions:

- Molts viatges de negocis de llarga distància comencen i finalitzen fora de l'horari laboral.
- Viatjant en tren és possible treballar durant el trajecte.

Un altre estudi recull el valor del temps per passatger, segons el mode de transport: cotxe, a peu o en avió. La font és un projecte final de carrera que recull diversos valors del temps segons diferents fonts:

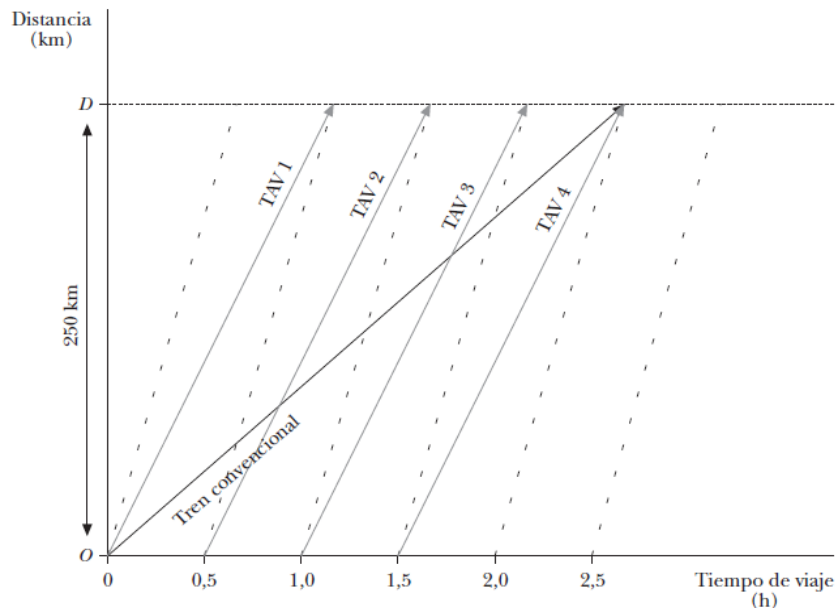
Quadre 3.9. Valor del temps per passatgers segons mode de transport	
Mode	€/h, preus de 2010
Cotxe	Oci: 3,38-8,34
	Treball: 6,40-14,57
	Negocis: 16
A peu	4,01
Avió	14,17

*Font: Estudio de los costes totales, incluyendo externalidades, del AVE (2010).
Elaboració pròpia.*

Es comprova que no hi ha gaire precisió a l'hora de donar un valor exacte al valor del temps segons el mode de transport. Tot i això, es segueix la tendència que marcava l'anterior quadre, on el valor del temps per motius de negoci és superior a tots els altres, encara que en aquest cas no molt més ja que el treball productiu que es pot fer en un cotxe no és el mateix que en un tren per motius de comoditat i confort.

En el gràfic 3.3. següent (que no és més que una simplificació de la realitat), s'hi reflexa el temps de viatge d'un tren convencional comparat amb els d'alta velocitat. Així doncs, tenim que per una distància entre dos punts Origen-Destí de 250 km, el tren d'alta velocitat que va a una mitjana de 250 km/h cobriria la distància en 1 hora, mentre que un tren convencional circulant a 100 km/h ho faria en 2,5 hores. Del resultat se n'extreu que en aquest mateix temps realitzarien el trajecte 4 trens d'alta velocitat (sortint cada 30 minuts):

Gràfic 3.3. Temps de viatge: TAV vs. Tren convencional



Font: El transporte ferroviario de AV. BBVA (2009).

Les noves LAV ofereixen uns temps d'estalvi molt significatius (al voltant de la meitat del temps) degut a una connexió més directa entre les ciutats (traçat d'alta qualitat adequat a l'alta velocitat) i a una major velocitat comercial. En el següent quadre (3.10) es compara l'estalvi de temps que ha representat a Espanya la introducció de l'alta velocitat segons els diferents trams ja construïts, veient quin era el temps de trajecte anterior i l'actual:

Quadre 3.10. Estalvis de temps en les LAV a Espanya			
Trajecte	Tren convencional	TAV	Estalvi de temps
Madrid-Barcelona	5h 35min	2h 38min (671 km)	2h 57min
Madrid-València	3h 30min	1h 40min (391 km)	1h 50min
Madrid-Sevilla	5h 55min (565 km)	2h 35min (471 km)	3h 20min
Madrid-Ciudad Real	1h 55min (255 km)	55 min (171 km)	1h

Fons diverses. Elaboració pròpia.

3.2.2. Major capacitat

Tenir una capacitat addicional té valor quan la demanda excedeix la capacitat que ja hi ha a la ruta. Però en aquest cas, a més a més, una major capacitat pot ser igualment valuosa per permetre absorbir el creixement entre les ciutats unides pel TAV i perquè allibera la capacitat de les línies ja existents.

Quan es desvia trànsit que d'una altra manera utilitzaria altres modes de transport, els beneficis es poden quantificar com els beneficis nets dels usuaris més la reducció neta de les externalitats, menys el cost net del canvi de mode de transport. També és

important destacar l'existència de beneficis per augment de la fiabilitat del compliment dels horaris (al voltant d'un 98% dels TAV va en l'horari previst), cosa que redueix la incomoditat de viatjar. Aquestes característiques són molt valorades pels usuaris, sobretot quan es tracta de viatges per motius laborals (*Wardman, 2001*).

Generalment, una proporció bastant important del nou trànsit atret pels trens serà el desviat d'altres modes de transport, principalment del cotxe i de l'avió (*Atkins, 2004*, suggereix que la xifra podria ser de l'ordre del 50%, sent la resta nous viatges). La valoració dels beneficis que se'n treuen del desviament del trànsit i del nou creat requereix una taxació dels paràmetres següents: costos marginals de congestió, soroll, contaminació atmosfèrica, escalfament global i costos externs dels accidents i la seva comparació amb els impostos i les taxes.

3.2.3. Reducció d'externalitats

En l'apartat 3.1.5. s'ha vist el cost que tenien les externalitats en el TAV. En aquest, es veurà la comparativa amb d'altres modes de transport i com el del TAV és menor, ocasionant per tant una reducció de les externalitats que es produeixen.

Segons l'informe INFRAS/IWW 2000, que proporciona estimacions del cost marginal extern per passatger-quilòmetre, el cost d'externalitats del TAV entre París i Brussel·les és una quarta part del cost del cotxe o del transport aeri. L'estudi analitza dos grans corredors europeus: París-Brussel·les i París-Viena.

Quadre 3.11. Costos externs segons diferents modes de transport		
	París-Brussel·les	París-Viena
Automòbil	43,6	40,2
Ferrocarril	10,4	11,7
Avió	47,5	28,7

Nota: dades en € per 1.000 passatgers/km.

Font: INFRAS/IWW (2000).

Els alts factors d'ocupació en el primer corredor es tradueixen en un major rendiment del TAV respecte al tren convencional que uneix el segon corredor. En distàncies més llargues, com és el cas del segon corredor, el ferrocarril redueix l'avantatge amb el transport aeri, ja que la major part de l'impacte mediambiental i costos externs de l'avió tenen lloc en l'enlairament i l'aterratge.

En relació a la reducció en el número relatiu d'accidents i a la congestió de les carreteres, aquesta depèn en gran part de la capacitat de la nova infraestructura per desviar el trànsit dels diferents modes alternatius, i també està relacionada amb els estalvis de temps i la política de preus dels diversos modes de transport. I encara que l'objectiu últim de la nova infraestructura no és la de convertir-se en un mecanisme per la reducció d'aquestes externalitats (ja que existeixen altres polítiques directes més efectives), no s'ha de restar importància a la reducció d'accidents tenint en compte els nivells de sinistralitat i mortalitat existents. A Europa, moren cada any 40.000 persones

en accidents de trànsit i les projeccions de *World Health Organization (2003)* indiquen que l'any 2020 serà la 3a causa de mort a nivell mundial pels homes adults entre 15 i 44 anys.

Els accidents suposen un cost per a la societat en termes del sistema sanitari, policial i danys a tercers, i suposen un cost monetari que es pot quantificar, pel que és considerat una externalitat. Els usuaris tenen en compte alguns dels costos associats a la possibilitat de tenir un accident, però no tots, ja que quan succeeix, part d'aquests costos es comptabilitzen al conjunt de la societat i a altres individus, generant així una pèrdua de benestar social. Això es correspon a la pèrdua de la vida i del benestar per a familiars i amics, i altres costos que inclouen els danys materials. La pèrdua de la vida és òbviament el de major importància i s'han estimat mecanismes per comptabilitzar-la econòmicament. El fet que el ferrocarril sigui un dels modes de transport més segurs fa que externalitats com els accidents siguin inferiors respecte els altres modes existents.

Per altra banda, la congestió es produeix quan hi ha un excés de demanda de la infraestructura en un moment donat, que normalment es deu a la falta d'homogeneïtat al llarg del temps. Això provoca que en el moments de màxima demanda (moments pic), la infraestructura és incapaç d'absorbir a tots els usuaris, causant així cues i per tant obligant a aquests a invertir més temps per realitzar el trajecte, generant així una externalitat.

La congestió ha sigut estudiada sobretot en els entorns urbans, ja que afecta greument a la productivitat de les empreses i a l'economia d'una ciutat. Així l'estalvi social de la congestió es comptabilitza donant un valor al temps que s'atorga als usuaris, en el cas del tren, i al conductor i acompanyants en el cas del vehicle privat. Aquest valor del temps depèn de diversos factors com s'ha vist anteriorment. A més, s'ha de tenir en compte que sota condicions de congestió, el valor del temps s'incrementa derivat de les molèsties addicionals que aquesta ocasiona. En aquest sentit, diversos autors han estudiat aquest fenomen arribant a les següents conclusions: *Wardman (2001, 2004)* considera que aquest increment es pot computar com un 48% sobre el valor del temps sota condicions normals del trànsit; *Eliasson (2004)* utilitza un factor multiplicador de 1,5 i *Steer Davies Gleave (2004)* un de 1,2.

Finalment, un estudi de *De Rus e Inglada (1997)* analitza l'efecte de l'alta velocitat sobre la congestió dels altres modes de transport alternatius. Concretament van veure que en la línia Madrid-Sevilla, la desviació del trànsit aeri va ser major que el de la carretera. Els beneficis derivats de la reducció d'accidents i de la congestió a la carretera es van situar en el 4,6% dels beneficis totals de la infraestructura. Per altra banda, *Levinson et al. (1997)*, arriba a la conclusió de que encara que l'alta velocitat és una infraestructura amb alts costos d'inversió, és una alternativa amb gran capacitat en la reducció d'accidents i de la congestió.

3.2.4. Trànsit generat

El trànsit generat és aquell que es crea de nou pel simple fet de que existeix una nova infraestructura de transport. Aquí es comptabilitzen tots els nous usuaris que abans no utilitzaven cap mode de transport per fer el trajecte que ara cobreix la nova línia. Té beneficis directes pels usuaris (aprofiten la nova infraestructura pels motius que siguin), i en el cas dels viatges d'oci també poden beneficiar la destinació d'aquests nous usuaris, ja que atrau despeses de turista. Per altra banda, s'ha de tenir en compte els viatges de les persones que viuen fora de la ciutat i els viatges de negocis, mirant si es tracta d'una expansió pròpia de l'activitat econòmica o és una simple relocalització dels empleats i l'activitat econòmica ja existent. És difícil quantificar doncs si es tracta d'una activitat econòmica addicional o si es una reformulació de la que ja existia abans. Hi ha motius per pensar que existeixen beneficis addicionals en aquests casos. Si la inversió genera treball per les àrees deprimides, això té influència directe sobre la reducció de l'atur. Tenim un bon exemple a Europa, la de la ciutat francesa de Lille, que s'ha regenerat per la seva ubicació en les LAV entre París, Brussel·les i Londres.

3.2.5. Beneficis econòmics addicionals

Generalment, les LAV tenen tendència a afavorir les ciutats centrals, utilitzant una geometria radial per fer l'expansió ferroviària (com és el cas espanyol), on la inversió pot resultar beneficiosa si l'objectiu que es persegueix és el de regenerar les àrees urbanes centrals. En canvi, si les àrees deprimides són les perifèriques, aquest tipus d'expansió produeix tot el contrari del que es desitja.

El TAV pot permetre l'expansió dels mercats i l'explotació d'economies d'escala, però aquests beneficis addicionals tenen efectes molt variables i difícils de predir. Probablement, són molt menys importants que els beneficis directes de l'alta velocitat. A part, els beneficis indirectes esmentats es poden generalitzar per altres inversions en infraestructures de transport, o sigui que no són exclusius de l'alta velocitat. El que es mira en les anàlisis és la comparació amb els altres modes, podent concloure així quin d'ells és més rentable socialment i per tant, quin es situa en millor posició per rebre una inversió concreta.

4. METODOLOGIA D'AVALUACIÓ DE LA RENDIBILITAT ECONÒMICA DE LES LAV

Com que existeix un elevat percentatge de costos fixos i variables en aquesta modalitat de transport, la demanda esperada és una variable especialment rellevant en la decisió de si s'ha d'invertir diner públic o no en la construcció d'una nova LAV. Generalment, s'accepta entre els estudiosos que hi ha d'haver una demanda elevada per fer aquest tipus d'inversions, no obstant això, no és una condició suficient perquè sigui una bona opció de política econòmica invertir fons públics en aquest tipus de tecnologia. A part d'un volum de demanda alt, s'ha de considerar que els usuaris estaran disposats a pagar una quantitat suficientment alta que justifiqui l'elevat cost d'aquests projectes.

En aquest apartat, es posarà èmfasi en la metodologia a seguir en l'avaluació de la rendibilitat econòmica de les LAV, es veurà l'estructura que tenen i com es desenvolupen en aquest cas. A més a més, es veuran quines són les dificultats i els problemes que hi ha a la pràctica a l'hora d'avaluar econòmicament un projecte de transport d'aquestes característiques. Es mostraran quines pautes segueixen aquests estudis en general, la comparativa dels mètodes utilitzats entre les diferents anàlisis i quins són tant els punts favorables com els problemàtics de totes elles.

Ja en el capítol 5, es veuran les metodologies concretes que es van seguir en els estudis d'avaluació socioeconòmica dels corredors d'alta velocitat següents: Madrid-Saragossa-Barcelona, Madrid-Sevilla-Màlaga i Madrid-València.

4.1. FASES DEL PROCÉS D'AVALUACIÓ

Tota avaluació socioeconòmica d'un projecte de transport s'estructura de tal manera que uneix el que és la teoria amb la pràctica, ja que des de l'anàlisi de les dades que extraïem dels estudis, s'ha de generar tota una infraestructura que ha de ser útil i sostenible a la pràctica. En la majoria de casos es fan servir metodologies ja fetes servir en casos pràctics anteriors.

Així doncs, es defineixen 6 fases en el procés d'avaluació d'una infraestructura com les LAV:

1. Definició del projecte
2. Valoració d'alternatives
3. Elecció de la metodologia per al càlcul de beneficis i costos
4. Identificació i quantificació dels beneficis i costos socials
5. Interpretació dels resultats i criteris de decisió
6. Rendibilitat econòmica i viabilitat financera

Normalment aquestes fases costen molt de resoldre, ja que el grau d'incertesa és molt elevat i hi ha molt poca informació. Els principals problemes de l'avaluació econòmica de projectes de transport són:

- **Definició:** és l'etapa fonamental, ja que sobre això es construeixen totes les altres fases. Diagnosticar la situació inicial (hem de respondre a la següent pregunta: quin és el problema de transport a resoldre?), definir les alternatives rellevants, elegir el cas base de comparació i identificar els agents afectats (a qui afectarà la nova construcció).
- **Informació:** ha de servir per fer una avaluació sobre els efectes directes. Moltes vegades la informació és teòrica, i per tant, la incertesa forma part de l'avaluació.
- **Càlcul:** l'estimació de la demanda mínima necessària perquè un corredor sigui rentable és crucial i ha de respectar el sentit comú, ja que sobre això es basaran les conclusions de la viabilitat econòmica del projecte. Més endavant es veurà quines eines existeixen per mesurar la demanda futura d'una nova infraestructura de transport.

4.2. L'ANÀLISI COST-BENEFICI (ACB)

El model general que segueix l'anàlisi cost-benefici el podem resumir en 5 grans punts:

1. Predicció de la demanda d'infraestructures i serveis de transport, i influència sobre l'avaluació dels projectes.
2. Estimació dels costos en el transport, tant dels operadors com dels usuaris del mateix.
3. Identificació i medició dels efectes externs associats al projecte.

4. Anàlisi d'alternatives, així com l'avaluació d'abans i després de la posada en funcionament del servei.
5. Impacte dels projectes de transport sobre l'equitat, la renda i la seva distribució sobre el territori.

Amb aquesta anàlisi i amb el càlcul del VAN i la TIR (dos paràmetres molt usats per l'avaluació de projectes econòmics) es podrà decidir si el projecte és viable econòmicament o no.

4.2.1. VAN

El Valor Actual Net o VAN, és un procediment que permet calcular el valor present d'un determinat número de fluxos econòmics futurs, originats per una inversió. En altres paraules, serveix per calcular el valor actual net del projecte un cop li hem restat la inversió inicial. Un VAN positiu significaria que el projecte és rendible, en canvi un de negatiu indicaria tot el contrari.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t (Beneficis – Costos): flux de caixa en el període t

n : número de períodes considerat

I_0 : valor de la inversió inicial

k : tipus d'interès

No obstant això, el càlcul del VAN és complicat. Com a problemes principals presenta les incerteses següents:

- Incertesa sobre la inversió inicial (I_0), i conseqüentment sobreinversió i preus a l'ombra no computats inicialment.
- Incertesa sobre la demanda i taxes de creixement (falta de dades que afecten V_t).
- Incertesa sobre els costos: productius, valor del temps i costos externs.
- Incertesa sobre valors aliens: taxa de descompte, inflació, etc.

4.2.2. TIR

En el mateix camí, la TIR (Taxa Interna de Retorn) és el promig dels rendiments futurs esperats de la inversió, i s'utilitza com a indicador de la rendibilitat d'un projecte: com més TIR, més rendibilitat. Una altra definició és: la TIR és aquell tipus d'interès en què el VAN és 0. Els dos conceptes estan relacionats per la següent fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I = 0$$

F_t (Beneficis – Costos): flux de caixa en el període t

n : número de períodes considerat

I : valor de la inversió inicial

TIR: rendibilitat

Finalment, s'ha de tenir present que tots aquests càlculs són aproximats, i que el model d'avaluació proposat es basa en una simplificació de la realitat. En el punt anterior, ja

s'han vist els costos i els beneficis que té la construcció d'una línia genèrica d'alta velocitat, tant des del punt de vista econòmic com el social.

4.2.3. Taxa social de descompte

L'elecció de la taxa social de descompte té un fort impacte en la rendibilitat d'un projecte. La seva importància, però, contrasta amb la dificultat per calcular el seu valor amb exactitud. El que fa aquesta taxa és convertir els valors de l'any base en fluxos futurs de beneficis i costos. La decisió no és neutral, ja que depenent de l'estructura temporal del projecte, aquest valor condiona d'una manera o d'una altra la rendibilitat d'aquest. Així, quan la majoria de costos tenen lloc al principi del projecte i s'obtenen els beneficis a posteriori (com és el cas de les LAV), una taxa de descompte elevada generarà un menor valor del VAN (i per tant, menys rendibilitat).

En la pràctica, la taxa de descompte ve determinada pel Ministeri d'Economia. En general, una bona opció és utilitzar la taxa marginal social de preferència temporal, que és la utilitzada en els manuals d'avaluació de la Comissió Europea, França i el Regne Unit.

Com s'ha vist, la metodologia emprada per l'avaluació econòmica d'un projecte no és senzilla i té molts punts difícils de resoldre. Seguidament ens centrarem en els principis econòmics que regeixen aquestes avaluacions.

4.3. PRINCIPIS ECONÒMICS EN L'AVALUACIÓ

Experts en aquesta matèria (*G. De Rus, O. Betancor i J. Campos*) han creat un *Manual* que serveix com a eina per a que l'avaluació de projectes de transport sigui més útil i consistent. Està fonamentat en la teoria econòmica i en l'experiència internacional d'avaluació econòmica, i els seus principis econòmics són els següents:

1. Els projectes han de ser avaluats, malgrat les dificultats:

L'alt cost d'inversió inicial, la irreversibilitat de la inversió, el risc de demanda, la incertesa associada al resultat esperat del projecte, etc. Com ja hem vist existeixen una sèrie de dificultats en l'avaluació, però això no ha de fer que deixem de banda l'avaluació econòmica dels projectes d'inversió. Si la inversió és irrecuperable, la identificació i quantificació dels beneficis i costos del projecte pot donar una informació molt útil pels governs responsables sobre la conveniència de realitzar la inversió.

2. L'objectiu de l'avaluació és distingir els "bons" projectes dels "dolents":

Generalment els governs tenen 2 limitacions:

- Escassetat d'informació rellevant sobre els efectes dels projectes.
- Recursos tècnics limitats per realitzar una avalució en profunditat.

Sota aquestes circumstàncies, sempre és útil la realització d'una primera avaluació econòmica que permeti ressaltar quins són els efectes més rellevants del projecte i la seva magnitud, per poder descartar al final quins són els que tindran una baixa probabilitat de contribuir de manera positiva al benestar social. Els que passen aquest primer tall serien els bons projectes, els quals mereixerien un anàlisi més detallat si fos viable.

3. L'avaluació és més fàcil quan es compleixen una sèrie de requisits previs sobre la naturalesa del projecte:

La metodologia de l'ACB és útil quan es donen les següents circumstàncies:

- Projecte petit, ja que s'identificaran millor els impactes relacionats als mercats
- Existència de demanda en el mercat (els *outputs* del projecte) i computable
- Incertesa tolerable i períodes de temps d'avaluació no gaire llargs.

Quan no es compleixen aquests condicions la metodologia es torna més especulativa, la incertesa fa que els resultats tinguin un grau més gran d'error i que perdin valor pràctic.

4. Els resultats econòmics i financers del projecte no poden independitzar-se:

L'ACB no s'ha de limitar al càlcul dels beneficis i costos socials amb independència dels resultats, ja que un projecte podria tenir un major benefici social quan el preu és zero, però ser financerament inviable quan la situació pressupostària aconselli que l'usuari pagui. És en aquest sentit que també s'ha d'estudiar les alternatives tarifàries d'un projecte i comparar el seu impacte sobre el VAN social i financer, ja que aquest ens informarà sobre la rendibilitat econòmica i viabilitat financera del projecte.

5. El risc s'ha d'incorporar estructuralment des del començament de l'avaluació:

Generalment els projectes de transport tenen dues característiques, una és l'optimisme en que es preveuen la demanda i l'altra és la subestimació dels costos. Això fa que sigui aconsellable incorporar la incertesa i l'anàlisi de risc en el model bàsic per fer l'avaluació.

6. L'ACB és una eina de disseny i dimensionament del projecte:

La metodologia a seguir converteix l'ACB en una eina d'anàlisi molt bona que ens permet prendre decisions en benefici de l'interès general de la societat.

7. Els costos i beneficis reals depenen de l'estructura de contractes i incentius, així com també de la pròpia avaluació:

L'avaluació econòmica serà més útil i menys especulativa si incorpora una discussió sobre els contractes que s'utilitzaran durant la vida del projecte. Un sistema de contractes o incentius inadequat pot comportar més costos de manteniment, d'explotació i operació (per exemple si l'empresa encarregada no fa la seva feina correctament), fent reduir d'aquesta manera el VAN.

8. Identificar guanyadors i perdedors pot ajudar a l'èxit del projecte:

Segons el projecte, es poden originar problemes d'equitat significatius, ja que aquests perjudiquen o beneficien de manera asimètrica segons el nivell de renda o la zona geogràfica. Aquest punt de l'avaluació ha de permetre identificar qui ha de ser compensat i qui pot contribuir en el seu cas al finançament del projecte.

9. No tots els impactes mediambientals es poden mesurar en l'ACB:

No tot és quantificable i en aquest cas l'impacte ambiental és difícil de mesurar. El que s'ha d'intentar és disposar d'una valoració d'impacte ambiental el més fiable possible, incloent-hi una descripció qualitativa d'impacte sobre la fauna i el paisatge.

Un cop vista l'avaluació que els experts diuen que s'hauria de fer (teòricament), ara s'analitzarà quins mètodes s'utilitzen per estimar la demanda de la nova infraestructura i la del nou tràfic generat com a conseqüència d'aquesta.

4.4. LA DEMANDA EN L'AVALUACIÓ DE PROJECTES DE TRANSPORT

Les previsions de demanda juguen un paper clau en l'avaluació de projectes com el de les LAV. Juntament amb els costos d'inversió que s'han vist en l'apartat 3, és un dels dos elements que normalment determina la rendibilitat socioeconòmica d'una infraestructura. Com hem vist també en l'anterior apartat, els principals beneficis d'un projecte es deriven de la reducció dels costos de temps i monetaris del viatge per a usuaris ja existents i de l'augment de la disposició a pagar corresponent als nous viatges induïts pel projecte. És per això que és essencial disposar d'una predicció fiable de la demanda en ambdues situacions: amb i sense projecte.

Com és notícia últimament, els estudis d'avaluació econòmica prediuen unes demandes molt per sobre de les reals, fent així que s'imputi una baixa fiabilitat a les metodologies de previsió de demanda i conseqüentment a les anàlisis econòmiques. En general, els models de predicció de demanda es basen principalment en:

- 1) Determinar les decisions individuals que es veuran afectades pel trajecte (generació, distribució, elecció, assignació).
- 2) Determinar el nivell de desagregació de la demanda que sigui útil per l'avaluació.
- 3) Distingir entre trànsit existent abans de la inversió i trànsit induït.
- 4) Predir l'evolució del cost generalitzat i de les variables socioeconòmiques i demogràfiques pel període de vida útil del projecte.

Els aspectes que s'han de tenir en compte per aplicar bé un model concret com a instrument de previsió de demanda són:

- Escollir el model que millor s'adapti al problema a analitzar i a la informació disponible.

- Enfocar el model cap a els elements de la demanda que es considerin bàsics. Els models són una simplificació de la realitat i no poden explicar, amb el mateix nivell de precisió, tots els fluxos.
- Sotmetre els resultats a crítica i, sempre que sigui possible, contrastar-ho amb altres casos similars.

No obstant això, cap model pot substituir el sentit comú, i a la vegada, l'opinió d'un expert tampoc hauria de substituir un model correctament formulat i calibrat.

Tot seguit, es veuran un seguit de models que s'utilitzen generalment per predir la demanda. Així mateix, també es farà un incís en les limitacions d'aquests models, que en la seva majoria poden causar errors.

4.4.1. Enquestes MOVILIA

El primer model es basa en la informació que tenim sobre la demanda. Aquest model intenta aprofitar la informació ja existent. Això ho fa mitjançant: enquestes MOVILIA, enquesta permanent de transport de mercaderies per carretera, enquestes domiciliàries a les principals àrees metropolitanes, estadístiques de trànsit ferroviari, viari, portuari i aeroportuari, observatoris transfronterers, estadístiques internacionals (IATA, UE, etc.), informació elaborada per operadors o gestors d'infraestructures, estudis de camp.

Les seves limitacions són diverses, ja que cada una de les fonts anteriors aporta informació sobre aspectes parcials (un mode determinat, una zona geogràfica concreta, un tipus de desplaçament o de vehicle, etc. En general, la informació de que es disposa per preveure la demanda presenta aquestes limitacions:

- Fragmentària i heterogènia
- Dificultat d'accedir en algunes fonts (operadors)
- Contradiccions entre dades de fonts diferents
- Dificultat en trobar sèries llargues
- No sol tenir una desagregació espacial, temporal o per tipus de viatge, necessària per fer una bona previsió de demanda per un projecte
- Informació sobre O/D molt limitada
- Les majors carències es concentren en el transport per carretera

4.4.2. Models agregats vs. Desagregats

Els dos models utilitzen el que s'anomenen les variables explicatives de la demanda, n'hi ha de 3 tipus:

- Econòmiques: renda, producció, motorització, etc.
- Demogràfiques: població, edats, estructura, tamanys familiars, etc.
- Urbanístiques: usos del sòl, tipus i intensitat, etc.

Segons la naturalesa en la que es presenta la informació feta servir en la predicció de la

demanda es distingeixen dues maneres d'analitzar i predir la demanda de transport: l'enfocament agregat i el desagregat. Encara que en la majoria d'estudis es podrien fer servir les dues perspectives, el nivell d'agregació està condicionat per les característiques de la informació disponible de partida i condiciona l'abast de la predicció: amb dades agregades no es poden fer prediccions sobre el comportament dels individus. Per la seva banda, amb les dades desagregades podem extrapolar resultats al conjunt de la població si prèviament s'ha utilitzat una mostra representativa. Normalment, són les condicions concretes del mercat, l'abast de l'estudi i els recursos disponibles els factors que determinen en última instància l'enfocament elegit per fer l'anàlisi.

En qualsevol dels casos, la metodologia tradicional per l'estimació de la demanda defineix la demanda de transport com un procés complex que es subdivideix en decisions o etapes més simples: es vol viatjar? On es vol anar? Com es vol viatjar? Quan i per quina ruta es vol anar? Cada una d'aquestes preguntes es pot plantejar formalment a través d'una relació funcional del tipus: $Y = f(X_{\text{viatge}}, X_{\text{viatgers}}) + \xi$, on Y és la variable dependent que representa la resposta a la pregunta en qüestió i on $(X_{\text{viatge}}, X_{\text{viatgers}})$ són els conjunts de característiques del viatge i dels viatgers que actuen com a variables explicatives, incloent a més, tarifes, elements relacionats amb el nivell de servei i característiques del mode de transport. En resum, els models agregats es caracteritzen per:

- Predicció a llarg termini
- Analitzar l'ajust dinàmic de passatgers a canvis de la xarxa
- Variables explicatives: oferta de transport i socioeconòmiques agregades

Els models desagregats es caracteritzen per:

- Avaluar canvis en la demanda com a resposta a canvis en les polítiques de transport
- Avaluar un nou mode de transport
- Variables explicatives: oferta de transport i socioeconòmiques de cada individu

4.4.3. Model economètric de regressió

S'utilitza una equació de regressió estimada amb dades agregades, en la que la demanda depèn de les variables relacionades amb l'entorn socioeconòmic i demogràfic (població, atur, PIB o volum de comerç exterior), i del cost generalitzat de l'ús de la infraestructura, el preu i el temps. Per fer servir aquest model es necessiten una de les dades següents:

- Dades de sèries temporals: capta l'ajust dinàmic i preveu efectes a llarg termini. Aquest tipus de dades permeten tenir en compte els individus que no s'ajusten de forma immediata als canvis a l'oferta. Es recomana treballar amb dades anuals, encara que també es pot treballar amb dades trimestrals o mensuals, i per períodes no inferiors a 30 anys.

- Dades de secció creuada (cross-section): estimen la generació de trànsit i s'utilitzen les variables explicatives disponibles. Proporcionen bones prediccions per obertures de noves estacions. Amplien el número d'observacions i incrementen la variabilitat de les variables explicatives. Aquesta informació determina viatges entre parells d'origen i final dins d'una àrea geogràfica, o bé dades agregades per diferents unitats territorials observades en un determinat any.
- Dades de panell: és una barreja de les avantatges dels anteriors. Un panell de dades està format per unitats cross-section observades durant dos o més períodes temporals. Per una banda, incrementa el tamany de la mostra i els graus de llibertat de l'estimació. Per l'altra, augmenta el nombre de variables explicatives disponibles i normalment, com que la variació entre unitats cross-section és superior a la variació temporal, permet reduir la varianza de les estimacions i augmentar la seva fiabilitat. No obstant això, existeix certa dificultat per disposar de bases de dades completes en transport per usar aquest tipus de dades.

4.4.4. Model de corredor o de captació

És un model simplificat que consisteix en l'ajust de corbes de repartiment, normalment basades en una formulació logit. S'utilitzen per estimar el repartiment de la demanda entre dos o més alternatives de transport al llarg d'un corredor que sigui relativament senzill i permeti l'ajust amb dades d'aforaments.

4.5. TRÀNSIT GENERAT

Generalment, els projectes de transport no només capten una part de la demanda existent (volum de demanda sense el projecte), sinó que generen noves demandes com a conseqüència de la millora de l'oferta que suposa la realització del projecte. Aquestes demandes no existrien si no existís el nou projecte i es classifiquen en dues: demanda induïda i demanda desviada.

- La demanda induïda apareix, normalment, quan el projecte suposa una millora de gran magnitud sobre l'oferta global del transport. Està formada pels mateixos usuaris que augmenten el nombre de viatges o per nous usuaris. Els models existents no solen estimar bé aquesta demanda i el que s'acaba fent és calcular directament un percentatge d'inducció basat en casos similars.
- El trànsit desviat és el que com a conseqüència de la millora introduïda pel projecte, abandona una altra mode de transport per beneficiar-se de la reducció en el preu generalitzat.

4.5.1 Models d'estimació del trànsit generat

El model d'elecció modal és un dels models que es fa servir més per mesurar el trànsit generat per una nova infraestructura. La inversió en un nou determinat mode de transport disminueix el seu cost generalitzat en relació amb la resta de modes substitutius, i per tant, alguns individus canvien l'alternativa seleccionada. En alguns casos, els viatges desviats d'altres modes arriben a suposar un 40% de la nova demanda. El que s'intenta estimar és una equació de demanda que permeti determinar com l'usuari respon a variacions en el preu i la qualitat de les alternatives de transport. Per això, és precís definir una equació que modelitzi amb rigor les eleccions dels usuaris entre diferents alternatives de transport.

Els models d'elecció discreta ofereixen un marc d'estimació també adequat. Aquests models tenen una llarga tradició en economia del transport i acrediten un grau elevat de precisió en l'estimació de la demanda dels modes de transport. L'ús de dades microeconòmiques evita un cert biaix quan els individus no són suficientment homogenis. En contextos binomials, les formulacions Logit i Probit són les més freqüents i la seva estimació no produeix problemes gaire importants. No obstant això, quan l'elecció es formula entre tres o més alternatives, l'estimació economètrica pot ser complexa. Les dades per estimar aquests models poden provenir de l'observació real de decisions individuals (preferències revelades), o bé d'experiments basats en decisions hipotètiques (preferències declarades).

Els inconvenients dels models d'elecció discreta són dos. Per una banda, exigeixen disposar d'una base de dades microeconòmica amb un elevat tamany mostral i que reculli totes les característiques dels modes de transport per cada un dels individus de la mostra. Per l'altra, existeix certa dificultat a l'hora de predir els fluxos de trànsit agregats. Així doncs, aquests models prediuen la probabilitat de que un individu de la mostra esculli un determinat mode de transport, però a efectes de l'avaluació, es vol saber el volum agregat de viatges desviats. Per això, és necessari definir un procediment d'agregació. Sempre que la mostra sigui suficientment representativa, la forma habitual de procedir és agregar a través dels individus que la formen.

Una alternativa a l'elecció discreta és estimar una regressió amb dades agregades on la variable dependent és el percentatge d'utilització (o freqüència) d'un determinat mode de transport. Aquesta aproximació pot ser vàlida si el projecte afecta a fluxos de trànsit que es comporten de forma similar a les dades agregades disponibles i ha sigut aplicada en altres estudis. Aquest tipus d'equacions s'estimen amb dades cross-section, ja que la quota de mercat d'una alternativa presenta poca variabilitat al llarg del temps.

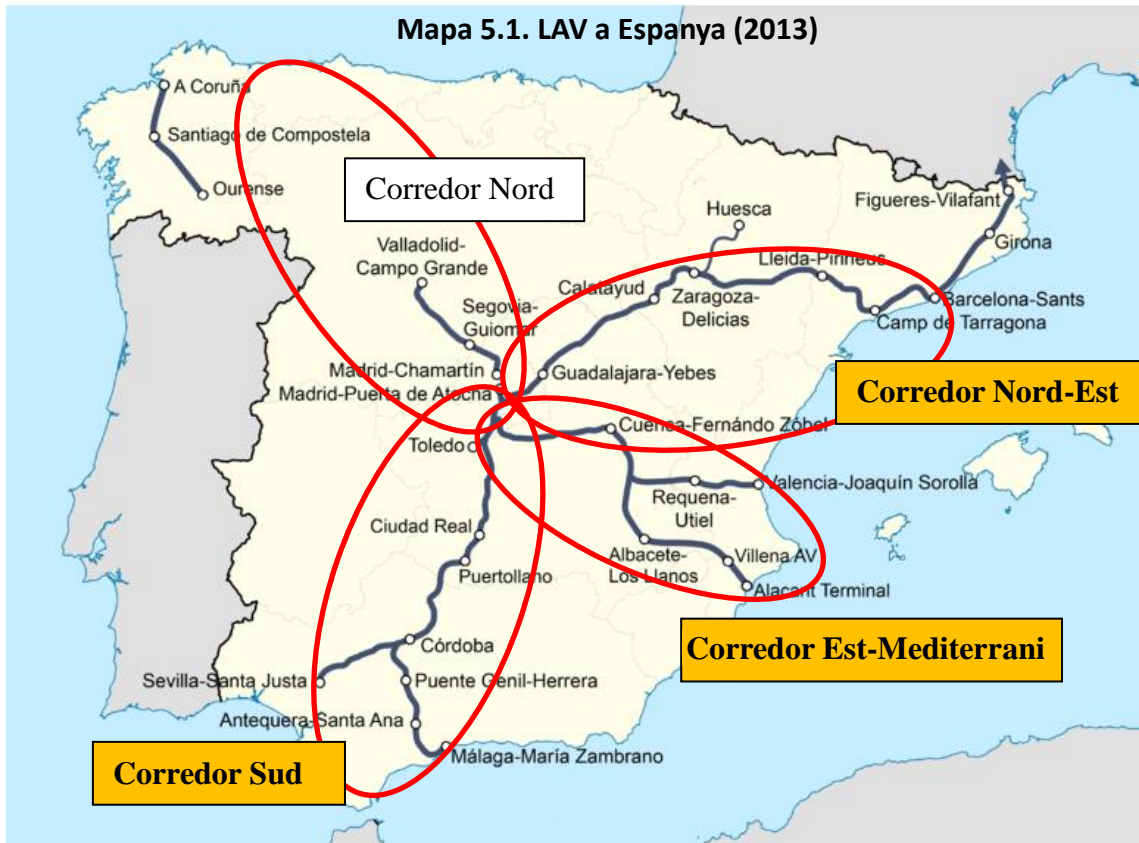
5. EXPERIÈNCIES DISPONIBLES

El que es vol obtenir en totes aquestes anàlisis és saber quant i en què guanyen els usuaris amb la inversió d'alta velocitat i quin volum de demanda aproximat seria necessari durant la vida útil de la infraestructura per aconseguir una rendibilitat acceptable, sempre sota un conjunt de suposicions que fan més manejable el problema sense perdre realisme.

En aquest apartat s'estudiaran els diferents corredors d'alta velocitat existents a Espanya (ubicació, cost, nombre de passatgers, etc.) i els seus respectius estudis socio-econòmics en el cas que ja existeixin. Realment no s'han trobat dades sobre aquests estudis fàcilment, ja que o bé no es van fer o no han sortit a la llum pública. Es veurà com tots segueixen el model d'anàlisi cost-benefici, ben conegut i utilitzat mundialment entre els analistes d'infraestructures, per valorar si una inversió és rendible econòmic i socialment, com ja hem vist en l'apartat 3. En definitiva, el que es vol veure és com s'han fet els estudis, quina metodologia i eines de càlcul han fet servir els experts, les fonts d'on han extret les dades i a quines conclusions han pogut arribar finalment.

5.1. CORREDORS DE LAV A ESPANYA

Tot seguit es mostra en el mapa 5.1 les LAV existents a Espanya i quina quantitat de passatgers han anat acumulant al llarg dels anys cadascuna d'elles. Amb les dades que s'han pogut aconseguir dels organismes públics pertinents, es veu ràpidament l'impacte que ha tingut l'alta velocitat en el nombre de passatgers abans i després de la introducció d'aquest model de transport.



Font: Memorias anuales Renfe i Estadísticas de transporte del Ministerio de Fomento (2013).

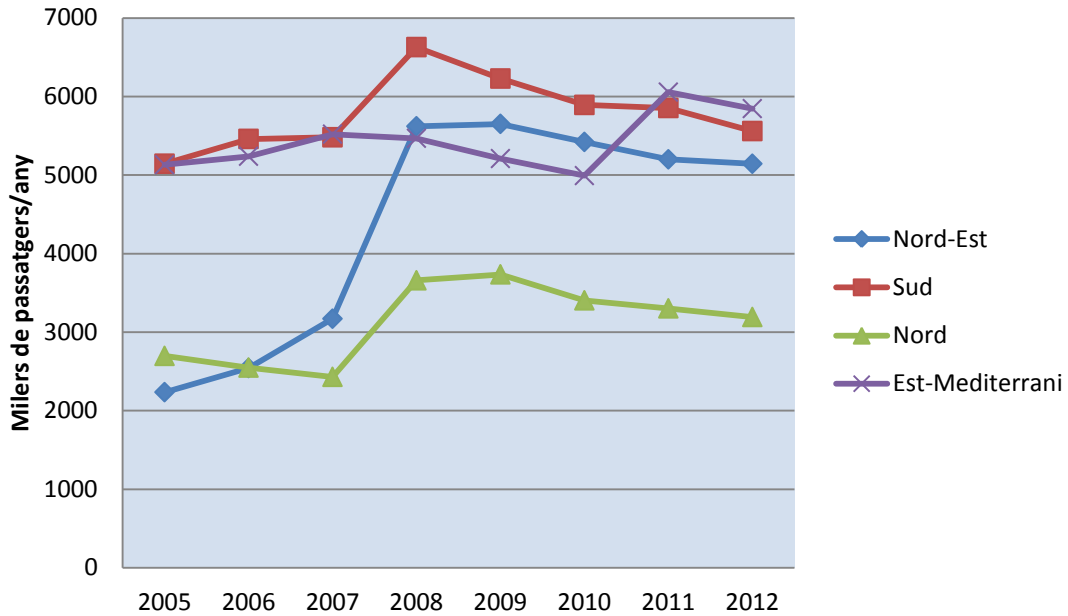
En aquest apartat, es veuran els diferents estudis i anàlisis que s'han fet dels diferents corredors abans o després de construir la infraestructura. Veurem especialment 3 corredors: el corredor Nord-Est format pel trams Madrid-Saragossa-Barcelona; el corredor Sud, format pels trams Madrid-Sevilla i Córdoba-Màlaga; i el corredor Est-Mediterrani, format pels trams Madrid-València i Madrid-Alacant.

Els trams del corredor Nord, on podem diferenciar el que uneix Madrid amb Valladolid, i el que existeix a Galícia, no s'han pogut considerar en l'anàlisi per falta d'informació sobre el projecte.

En el gràfic 5.1 es veu com els 3 grans corredors (Sud, Est-Mediterrani i Nord-Est) tendeixen a estabilitzar-se els últims anys al voltant dels 5-6 milions de passatgers l'any. L'altre gran corredor, el del Nord, es queda amb quasi la meitat. També és rellevant veure com el fet de la posada en funcionament del TAV a Barcelona causà un increment de quasi el doble en el nombre de passatgers en aquest corredor. Més endavant es veurà si aquests passatgers provenen d'un altre mode de transport o són nous usuaris

d'aquest corredor.

Gràfic 5.1. Històric de passatgers en corredors LAV i LD a Espanya

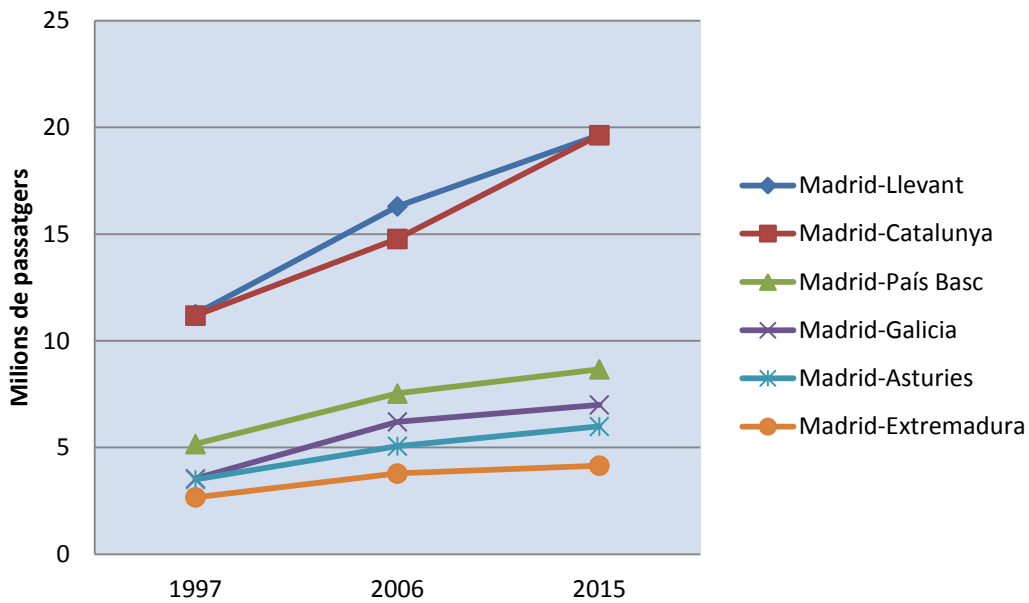


Font: Memorias anuales Renfe i Estadísticas de transporte del Ministerio de Fomento.

5.1.2. Evolució prevista del mercat a Espanya

L'evolució i la previsió de creixement del mercat potencial de mobilitat de llarga distància a Espanya, es mostra amb les dades dels estudis realitzats pel Ministeri de Foment durant els anys 90. El gràfic 5.2 demostra com hi ha una creixent demanda de la mobilitat al llarg dels anys, i es poden diferenciar clarament els 2 corredors principals: el de Madrid-Llevant i Madrid-Catalunya, amb una demanda potencial de mercat pròxima als 20 milions de passatgers anuals; doblant així el 3r corredor (Madrid-País Basc). Per tant, quan es parla de mobilitat en aquests corredors s'ha de saber quina és la quantitat de passatgers que es mouen realment i les previsions futures, per analitzar i planificar les noves infraestructures d'acord amb aquestes dades.

Gràfic 5.2. Evolució prevista del mercat potencial de llarga distància (llarga distància)

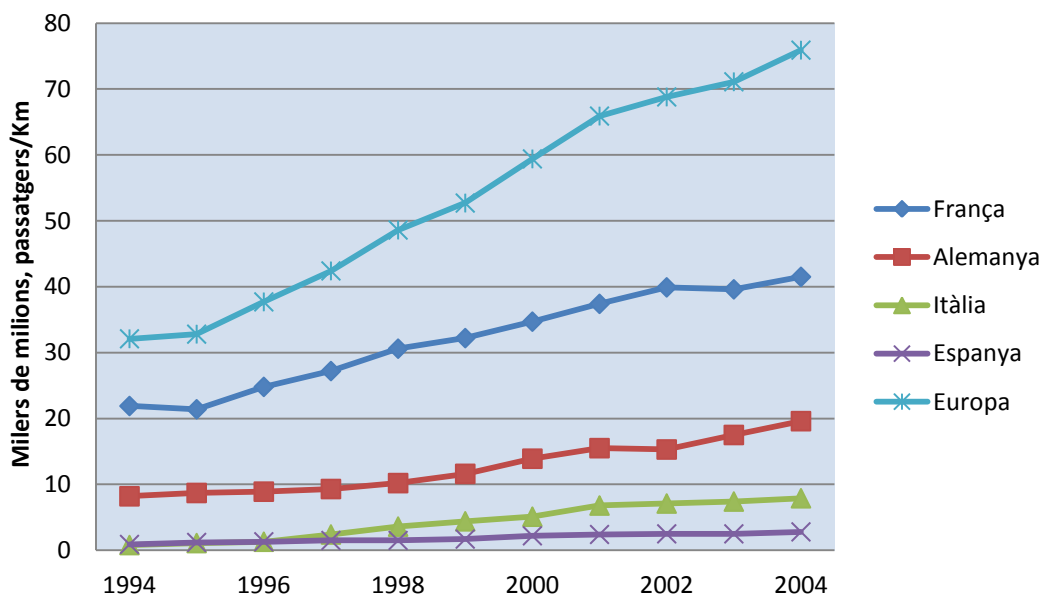


Font: *Ministeri de Foment*

5.1.2. Evolució històrica del mercat mundial

El gràfic 5.3 ens resumeix per països el trànsit d'alta velocitat que hi ha hagut a Europa entre 1994 i 2004. Encara que la informació que hi apareix no es pot interpretar directament en termes d'evolució de la demanda esperada o futura (ja que la xarxa ha continuat creixent molt durant els últims anys), sí que ens mostra una sòlida tendència general creixent durant aquest període d'expansió d'aquest mode transport. No obstant això, es pot veure com Espanya i Itàlia són els països que creixen menys en comparació amb la mitjana europea i els dos altres grans països avançats en termes d'alta velocitat: Alemanya i sobretot França.

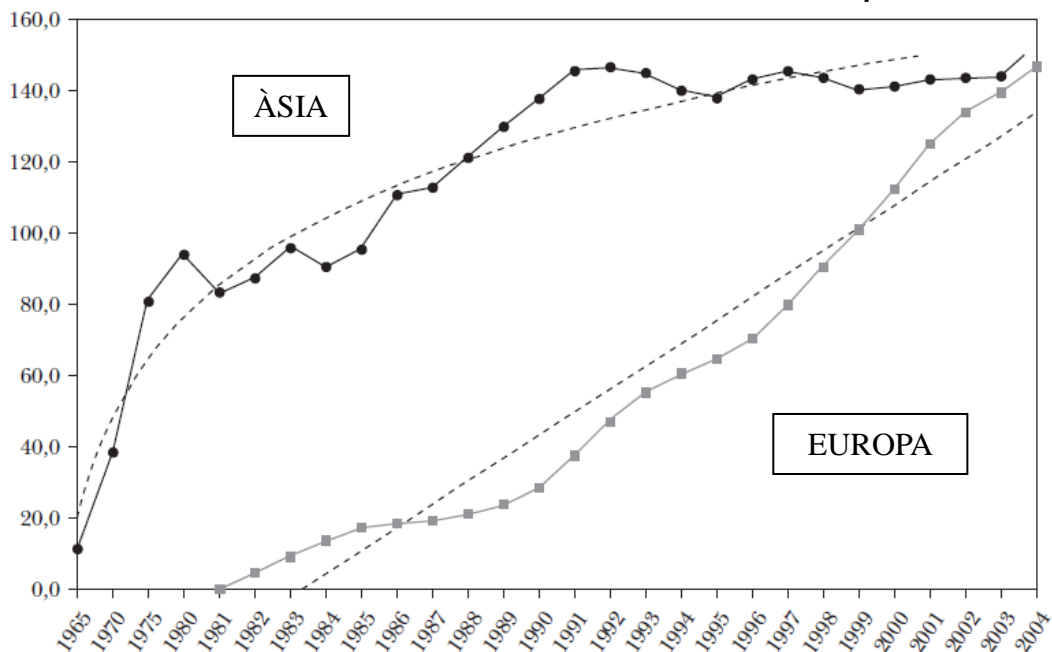
Gràfic 5.3. Evolució del trànsit d'AV a Europa



Font: *El transporte ferroviario de alta velocidad. Una visión económica. Fundación BBVA (2009).*

Si es fa la comparació d'Europa amb Àsia (gràfic 5.4), s'obté una perspectiva més completa d'aquesta evolució, on es mostra una certa tendència a la convergència dels resultats. Aquesta està produïda d'una banda per l'efecte de maduresa que té aquest transport a l'Àsia (al Japó ja fa 40 anys que utilitzen el famós tren-bala) i de l'altra, el creixement que experimenta l'alta velocitat a Europa. La demanda de l'alta velocitat al Japó va començar a mitjans dels anys 60 i va augmentar ràpidament durant els seus primers 20 anys d'existència (gairebé 100.000 milions de passatgers/Km), reduint el seu creixement gairebé fins a la meitat a partir d'aquell moment. Aquesta tendència, representada per la línia discontinua, es podria traslladar pròximament a Europa i la planificació de les futures línies d'alta velocitat hauria de considerar aquest fenomen que estancaria progressivament la demanda, una vegada superada l'expansió inicial.

Gràfic 5.4. Evolució del trànsit acumulat: Àsia vs. Europa



Dades en mil milions de passatgers/Km.

Font: El transporte ferroviario de alta velocidad. Una visión económica. Fundación BBVA.

5.2. CORREDOR NORD-EST (MADRID-BARCELONA)

Primerament, i per tenir una visió del que va suposar la construcció de la LAV entre Madrid i Barcelona, es presenta un quadre amb les dades bàsiques d'aquesta infraestructura:

Quadre 5.1. Dades bàsiques LAV (Madrid-Barcelona)					
Posada en servei	Km	Cost total (M€)	Manteniment (M€/any)	Passatgers pap* (Mp/any)	Temps
2008	671	8.179	39,80	3,12	2h 38min

*pap=punt a punt. Font: Renfe (2013). Ferropedia.es/wiki. Elaboració pròpia

L'avaluació d'aquest tram d'alta velocitat es va fer un cop ja construïda la infraestructura (en aquest cas només el tram Madrid-Saragossa) i es va realitzar segons models de demanda desagregats a partir de la informació obtinguda mitjançant enquestes als corredors més utilitzats: Madrid-Saragossa i Madrid-Barcelona. Les enquestes van ser realitzades en diferents modes de transport: al TAV, a l'aeroport, a les estacions de busos i als cotxes de les estacions de servei.

L'estudi realitzat per Ginés de Rus i Concepción Román (Universitat de Las Palmas) posa èmfasi en la demanda, la seva quantitat i la composició d'aquesta, ja que determinen en gran mesura el marge de rendibilitat social esperada de la inversió. Utilitzant un model simplificat d'anàlisi cost-benefici i aprofitant la informació procedent de l'anàlisi de la demanda s'analitza la línia Madrid-Barcelona de la següent manera (l'anàlisi divideix el tram en els dos corredors on s'espera major nombre de viatgers):

1. Madrid-Saragossa: on el TAV exercirà una major competència sobre el vehicle privat.
2. Madrid-Barcelona: on el TAV exercirà una major competència sobre l'avió.

L'anàlisi també vol evidenciar si a part dels beneficis que aporta un estalvi de temps als viatgers, existeixen altres factors que la gent tingui en compte a l'hora de seleccionar un mode de transport. Per això es plantegen els models de demanda desagregats, basats en informació proporcionada per enquestes dirigides als viatgers en els corredors abans esmentats. L'enquesta analitza els valors del temps de viatge, accés i espera; en el cas del corredor Madrid-Barcelona també s'estudia l'efecte de la puntualitat i la comoditat, obtenint així la disposició a pagar dels viatgers en aquests casos per analitzar l'avaluació econòmica del projecte.

5.2.1. Tram Madrid-Saragossa

El mètode emprat en aquest tram per a la realització de l'estudi rep el nom de Preferències Revelades: les entrevistes que es realitzen pregunten sobre la nova opció ferroviària ja en funcionament. Es van obtenir un total de 226 enquestes, el repartiment modal de la mostra va ser el següent: els modes dominants van ser el TAV i el cotxe, ambdós amb una quota de mercat del 33%, seguit del bus (25%) i de l'avió (8%).

A partir d'aquestes dades i amb la pregunta de: "Quin mode de transport utilitza vostè habitualment per realitzar aquest viatge?" es pot veure a la següent taula com viatgen habitualment els usuaris del TAV (que és el que ens interessa en aquest estudi):

Quadre 5.2. Mode de procedència (%)					
Mode elegit	Avió	Cotxe	Tren	Autobús	1r viatge
TAV	2,67	16	49,33	1,33	30,67

Font: Análisis económico LAV Madrid-Barcelona.

Utilitzant aquests resultats per fer una aproximació dels viatges desviats, s'observa que

la major demanda prové del tren convencional i del cotxe. També s'ha de fer esment al 31% d'usuaris del TAV que realitzen el viatge per 1a vegada, cosa que podríem interpretar com una aproximació als viatges generats per aquest nou mode de transport.

L'estudi també es fa ressò de la renda setmanal per càpita dels usuaris dels diferents modes de transport, així com del propòsit del viatge. Així doncs s'observa que els usuaris de l'avió i el TAV són els que tenen una renda més elevada (315€/setmana), mentre que els del cotxe i bus la tenen més baixa (220€/setmana). Per altra banda, la majoria dels usuaris del TAV i de l'avió viatgen per motius de feina o estudis.

5.2.2. Tram Madrid-Barcelona

La realització d'aquesta anàlisi va seguir el mateix mètode que l'anterior però amb una excepció, l'enquesta no es va realitzar als usuaris del TAV (ja que encara no estava construït) sinó als del tren convencional i als altres modes de transport que operaven en aquest corredor. El mètode emprat rep el nom de Preferències Declarades: les entrevistes que es realitzen pregunten sobre una nova opció ferroviària sota diferents hipòtesis de preu i nivell de servei.

En aquest cas, el mode de transport més utilitzat es va veure que era l'avió amb un 67% de quota de mercat, seguit molt de lluny del tren convencional (12%), com era d'esperar vista la distància i el temps que comporta el trajecte d'aquest corredor.

Per altra banda, s'observa que la majoria dels usuaris del tren convencional enquestats elegirien com a mode de transport el TAV, mentre que els de l'avió seguirien anant en avió.

Quadre 5.3. Mode de procedència (%)					
Mode elegit	Avió	Cotxe	Tren	Autobús	1r viatge
TAV	13,73	13,73	47,06	0	25,49

Font: Análisis económico LAV Madrid-Barcelona.

L'estudi també detalla en aquest cas la renda per càpita per setmana dels usuaris i ens mostra que els que van en avió tenen la renda més elevada (351€/setmana) mentre que els que van en autobús la tenen més baixa (167€/setmana). Es nota però, que en aquest corredor la renda mitjana és més elevada (+54€/setmana). Per altra banda, i com en el cas anterior, la majoria d'usuaris viatgen per motius de feina o estudis.

5.2.3. El model

1) La demanda:

Per fer l'anàlisi de la demanda es planteja un model desagregat d'elecció modal, basat en la informació de Preferències Revelades obtingudes mitjançant enquestes. Per tant, s'obtenen estimacions del mode de transport utilitzat en cada corredor segons el nivell de servei de les diferents alternatives i les característiques socioeconòmiques de l'usuari.

2) La disposició a pagar:

Per saber quina seria la predisposició a pagar dels futurs usuaris s'utilitza el valor subjectiu del temps de viatge. En general, la disposició a pagar per estalviar temps de viatge és major quan el viatge es realitza de manera obligada (treball o estudis) i és major pels usuaris de l'avió, seguida del TAV, cotxe i bus. També es mira el valor del temps d'accés (VTA) que és menor en aquells individus el valor del qual és inferior a 60 minuts. Aquests usuaris són els que tenen l'origen i el destí del viatge a la mateixa àrea urbana.

És destacable que existeix una elevada disposició a pagar quan es redueix el temps de retard, sent major en el TAV que en l'avió. Això es deu a que en aquest tipus de viatges, on els horaris són perfectament coneguts pel viatger, el temps de retard sobre l'horari previst produeix una major sensació de pèrdua de temps. En el cas dels avions no passa el mateix, i fins i tot ara, podem veure que hi ha aerolínies que ofereixen una garantia de puntualitat als seus usuaris (entre altres estratègies comercials).

Un altre factor que afectaria la disposició a pagar dels usuaris seria la comoditat. En aquest cas, el TAV és més còmode que l'avió i es demostra que els usuaris de l'avió pagarien més si es millorés la comoditat d'aquest mode de transport, i més encara com més llarg fos el temps de viatge. Per altra banda, si el viatge és curt la disposició a pagar més per la comoditat baixa.

5.2.4. Rendibilitat social de la línia Madrid-Barcelona

Les enquestes realitzades en aquest corredor ens informen del cost generalitzat del viatge en cada mode de transport, així podem estimar l'estalvi de temps dels viatgers que deixen el mode de transport habitual i passen al TAV. També ens informen del pes que té cada mode de transport en el total del trànsit desviat al tren.

En els següents quadres podem veure la comparativa dels estalvis de temps segons els diferents modes de transport i la procedència dels viatgers desviats en aquest trajecte:

Quadre 5.4. Estalvis de temps en el trajecte Madrid-Barcelona				
	Avió	Autobús	Cotxe	Tren convencional
Temps total estalviat (h)	-0,99	+5,46	+1,78	+2,97

Font: Análisis económico LAV Madrid-Barcelona.

En el cas de l'avió no existeix estalvi de temps, ans el contrari, anant en tren trigues més. En canvi, hi ha un canvi substancial en tots els altres modes de transport, principalment en el bus (més de 5h) i en el tren convencional (gairebé 3h).

Quadre 5.5. Procedència dels viatgers desviats en el trajecte Madrid-Barcelona			
Avió	Autobús	Cotxe	Tren convencional
91,07	0,61	6,63	1,68

Font: Análisis económico LAV Madrid-Barcelona.

La previsió de la procedència dels viatgers en un futur, situa l'avió com el principal mode afectat, proporcionant un 91% dels futurs usuaris (deixant de banda el trànsit generat).

5.2.5. Conclusions

El principal problema de l'alta velocitat no és el seu alt cost, sinó que no sempre els costos que se'n deriven de la seva construcció i explotació estan compensats amb beneficis per la societat. La rendibilitat social del tren depèn en gran part de:

1. nombre de viatgers
2. disposició a pagar addicional dels viatgers que ja viatjaven
3. capacitat de generar trànsit
4. estalvi en recursos
5. externalitats

Segons l'estudi i sota les hipòtesis de vida útil, creixement de demanda, capacitat de generació de nous usuaris i taxes socials de descompte, es mostra que la demanda necessària és molt superior al potencial d'aquest corredor en l'actualitat. La demanda real és baixa i els beneficis per estalvi insuficients. A més a més, tampoc es desvia tant de trànsit de la carretera al TAV perquè sigui significativa aquesta dada. Una bona solució seria invertir en una millor alternativa possible com podrien ser: trens convencionals per sota dels 200Km/h i serveis de transport aeri. A Europa, s'ha vist que l'alternativa aèria "Low cost" ha reduït significativament el trànsit de l'alta velocitat en alguns trajectes.

5.3. CORREDOR SUD (MADRID-SEVILLA-MÀLAGA)

Aquest corredor va ser el primer a construir-se a l'estat espanyol. La línia Madrid-Sevilla va ser considerada un "banc de proves" davant les futures decisions d'inversió en alta velocitat pel seu caràcter pioner i per confluïr en un mateix corredor tots els modes de transport excepte el marítim. Les característiques d'aquest corredor eren les següents:

- Deficient dotació d'infraestructures de transport: degut a l'escassa xarxa viària d'alta capacitat com en la doble via electrificada ferroviària. Tot això unit a l'orografia del territori, totalment desfavorable, que originava estrangulaments en la comunicació amb Andalusia (Paso de Despeñaperros).
- Baix nivell de mobilitat i estacionalitat acusada: existència d'una demanda molt dèbil en transport, degut al baix nivell d'activitat econòmica, afavorida per una situació geogràfica perifèrica. Per altra banda, la mobilitat tenia un caràcter fortament estacional, degut als fluxos de tipus turístic (com els que van cap a l'Àfrica a l'estiu especialment) i això ocasionava un agreujament en les condicions de mobilitat produint dèficits puntuals d'oferta.

L'any 2007 va entrar en funcionament el ramal Córdoba-Màlaga, que unia en TAV Madrid i Màlaga. Per quantificar el que va suposar la construcció de la LAV entre Madrid-Sevilla-Màlaga, es mostra un quadre comparatiu amb les dades més importants d'aquesta infraestructura:

Quadre 5.6. Dades bàsiques corredor Sud (Madrid-Sevilla-Màlaga)						
	Posada en servei	Km	Cost total (M€)	Manteniment (M€/any)	Passatgers* (Mp/any)	Temps
Madrid-Sevilla	1992	471	2.821	21,83	2,15	2h35min
Córdoba-Màlaga	2007	155	1.382	19,23	1,45**	50min

*punt a punt. **Trajecte Madrid-Màlaga.

Font: Renfe (2013). Ferropedia.es/wiki. Elaboració pròpia.

S'ha de dir que aquest cost total és pel que fa només al cost de construir la infraestructura. Aquest cost no té en compte els costos d'explotació i de manteniment, que són posteriors i que normalment superen al cap dels anys el cost inicial de construcció.

5.3.1. Tram Madrid-Sevilla

L'estudi d'aquest tram és posterior a la posada en funcionament de la LAV Madrid-Sevilla. A partir d'un estudi de la distribució modal es veu com el tren és el principal mode de transport a diferència del cotxe, que ho havia estat en el passat. Per preveure el trànsit del TAV, De Rus i Inglada en el seu estudi "Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España" (1993), fan servir com a model la línia París-Lió. D'aquí n'extreuen que existeix un període de maduració fins el 1996, on els creixements de demanda procedeixen de l'atracció de trànsit dels modes de transports convencionals i de la generació de nous viatgers, que inclou l'augment de la freqüència de viatges en el corredor analitzat i la generació neta de viatges.

Per la quantificació de la demanda fins l'any 1996 es van utilitzar enquestes realitzades en el trajecte Madrid-Sevilla i en les llançadores, així com la demanda real dels anys 1992 i 1993, i les dades subministrades per Iberia, Renfe i els operadors d'autobusos. L'estudi també considera un creixement de la demanda en funció del PIB (creixement del 2,5% anual) per cada mode de transport (elasticitat de la demanda respecte al PIB de 1,15), i una vida del projecte de 30 anys.

5.3.1.1. Comptabilització dels costos

L'estudi recull tots els costos que es van generar per construir la nova línia, i els divideixen en els següents apartats:

- Costos de la construcció i explotació del projecte (segons dades del MOPT, 1993 i observacions en el TAV francès París-Lió)
- Costos de manteniment (calculats a partir de dades conegudes del 1992)
- Costos material rodant (proporcionats per RENFE, 1993)
- Costos dels operadors d'altres modes de transport inclosa la pròpia empresa ferroviària.

Per avaluar els costos i els beneficis que s'enumeren tot seguit, és molt important delimitar la situació de referència: el cas base. La metodologia que es segueix considera la situació "amb" i "sense" el projecte, en comptes d' "abans" i "després". És un error bastant recurrent avaluar un projecte comparant la situació anterior amb la nova una vegada executat el projecte. Per això, els càlculs que es fan per la carretera i l'avió compten l'evolució de la demanda prevista sense TAV, cosa que fa que els estalvis s'estimin a partir del creixement de l'oferta que previsiblement hi hagués hagut en aquests modes sense el TAV.

5.3.1.2. Comptabilització dels beneficis

Els beneficis de la introducció del TAV s'obtenen bàsicament dels estalvis de temps i de la generació de viatges. La metodologia emprada per al càlcul segueix el realitzat per *Dodgson* (1984). L'estudi agrupa els beneficis del TAV en els següents punts:

- Ingressos dels operadors
- Estalvis de temps dels usuaris del TAV
- Estalvis de temps a la carretera per reducció de la congestió
- Reducció d'accidents i altres elements associats al viatge
- Desenvolupament econòmic i equilibri regional
- Impacte mediambiental

Les últimes dues estimacions queden fora de l'estudi ja que es consideren molt difícils de calcular monetàriament. A part, s'afirma que hi ha evidències empíriques que constaten que les infraestructures de transport són una condició necessària pel desenvolupament econòmic, però no impliquen que necessàriament es desenvolupi aquesta directament. Per la seva banda, l'impacte mediambiental del TAV no està clar: el balanç en la pràctica depèn de la desviació de trànsit des d'altres modes de transport més contaminants i del mode d'obtenció de l'energia elèctrica (que també s'obté de combustibles fòssils).

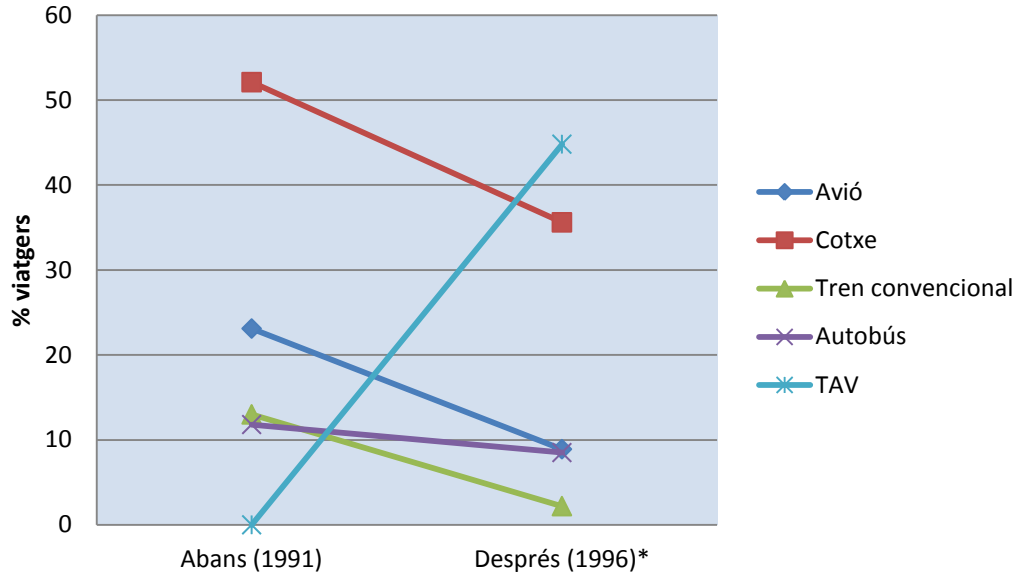
5.3.1.3. Trànsit generat i intermodalitat

Una part dels beneficis procedeix dels ingressos addicionals de trànsit generat per la posada en marxa del TAV. L'estimació d'aquests ingressos es basa en la desviació de trànsit de l'avió, el tren convencional i el cotxe al TAV, com a conseqüència de la reducció en els costos generalitzats de realitzar el viatge. Per això es necessita una estimació de l'evolució previsible de la demanda de transport aeri, terrestre i ferroviari entre Madrid i Sevilla durant el període de vida del projecte. Com que en aquest tram el TAV no presenta avantatges en temps de viatge comparat amb l'avió, gran part de la seva capacitat d'atracció és la tarifa que cobra com es veurà més endavant.

En el següent gràfic 5.5 es veu la distribució modal en el trajecte entre les dues ciutats, abans i després de l'entrada en funcionament del TAV. Es pot comprovar clarament com

el TAV ha provocat un trànsit de substitució en els altres modes, especialment en el cotxe, l'avió i el tren convencional.

Gràfic 5.5. Distribució modal en el trajecte Madrid-Sevilla abans i després del TAV (%)



*dades previstes any 1993

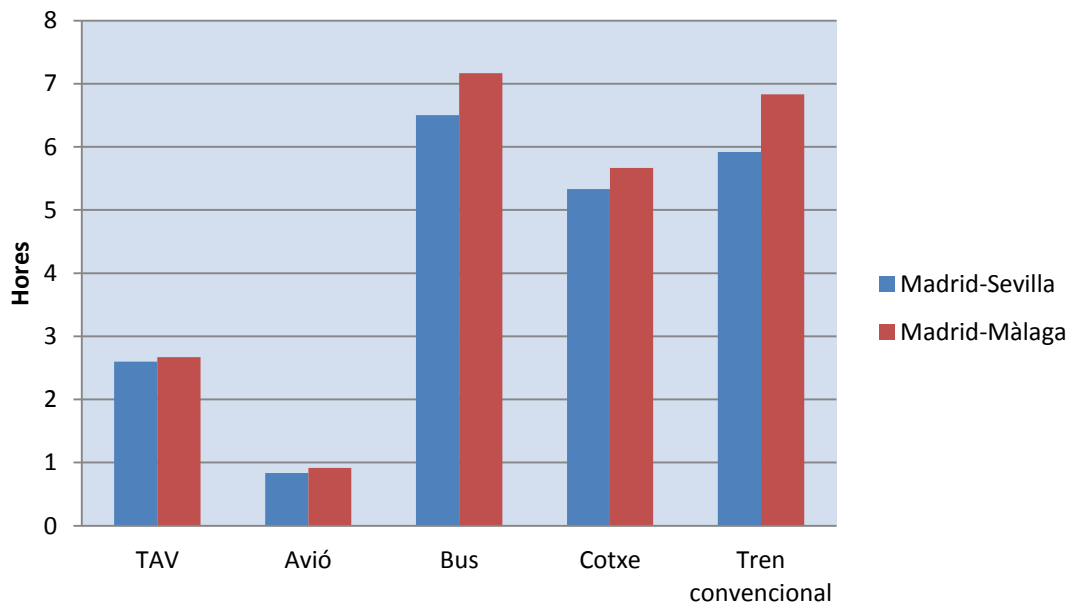
Font: Anàlisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España.

Aquesta proporció major de beneficis del TAV té el seu origen en l'estalvi de temps que es produeix a l'abandonar els usuaris altres modes de transport més lents, i especialment en els viatges que es generen amb la introducció de l'alta velocitat.

5.3.1.4. Estalvi de temps

El gràfic 5.6 mostra els temps de trajecte en els trams Madrid-Sevilla i Madrid-Màlaga. Gairebé tots els temps superen les 3 hores de trajecte, exceptuant l'avió i el TAV, que són en diferència els transports més ràpids per unir aquestes ciutats. Es veu com el guany experimentat pels usuaris del TAV en comparació amb l'antic tren convencional és de més de 3 hores en el trajecte Madrid-Sevilla. Avui en dia entre Madrid i Màlaga només s'ofereix transport ferroviari en TAV, per tant, ja no hi ha competència amb el tren convencional, però la comparació amb el tren convencional (abans que hi hagués qualsevol LAV) deixa constància que l'estalvi de temps és de més de 4 hores.

Gràfic 5.6. Temps de trajecte en el corredor Sud



Font: Anàlisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España.

L'estudi també recull els preus dels diferents modes de transport. Tenint en compte que són preus de 1993, en el quadre 5.7 es veu com el TAV és el segon mitjà de transport més car, després de l'avió, així com ja hem vist, el segon en estalvi de temps. Molt a prop el segueix el cotxe, i una mica més distants quedarien el tren convencional i el bus, els modes de transport més barats però a la vegada, més lents. A tot això, s'hi hauria de sumar el cost del temps d'espera tot formant el cost generalitzat. En el cas de l'avió el temps d'accés i espera s'estima de gairebé 2 hores. En el cas de l'autobús i del TAV és d'1 hora, i el del tren convencional de 1 hora i 15 minuts.

Quadre 5.7. Preus en els diferents modes de transport en el corredor Sud (€)					
Modes de transport	TAV	Avió	Autobús	Cotxe	Tren convencional
Madrid-Sevilla	75	143	22	60	40
Madrid-Màlaga	79	110	26	62	44

Font: Anàlisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España.

5.3.1.5. Reducció dels costos externs: accidents i congestió

El desplaçament de viatgers de la carretera al TAV suposa una disminució del trànsit i per tant, del risc d'accidents i de congestió. Mitjançant els valors monetaris del MOPT i de la DGT per accidents es quantifica la disminució d'aquests costos. Per la seva banda, el benefici de la reducció de la congestió provoca una reducció en els temps de viatge d'aquells que encara fan servir el cotxe o l'autobús com a mode de transport. Mitjançant la IMD i les capacitats de les carreteres (*Transportation Research Board, 1985*), s'estimen les velocitats mitjanes anuals per cada tram, obtenint així la reducció dels temps de viatge tant per als vehicles lleugers com pels pesats.

La introducció de l'alta velocitat ha significat pel transport aeri una caiguda de la

demanda del 50% entre Madrid i Sevilla, reduint així les freqüències de vol i de càrrega. Una de les conseqüències directes d'aquesta disminució de la demanda va ser que l'aeroport de Sevilla va veure reduït en un 25% el seu ús, ja que els trajectes entre aquestes dues ciutats representaven la meitat del trànsit de l'aeroport. Degut a les capacitats dels dos aeroports no es suposa una reducció significativa de la congestió en aquest cas, però sí de la disminució de la contaminació del transport aeri.

5.3.1.6. Resultats i conclusions

L'anàlisi cost-benefici realitzat s'ha basat en la informació disponible sobre el comportament de la demanda en el primer any de funcionament de l'alta velocitat a Espanya, amb dades subministrades per RENFE i altres operadors afectats, i en els valors que utilitza el Ministeri de Foment (antigament anomenat Ministeri d'Obres Públiques) en l'avaluació de projectes d'inversió.

Per estimar el creixement de la demanda s'ha suposat un creixement del PIB del 2,5% anual acumulatiu durant 30 anys, cosa que com veurem en el següent capítol no s'ha produït.

Els beneficis nets estimats no són prous en comparació amb els costos analitzats, i per tant, els resultats obtinguts suggereixen que la introducció de l'alta velocitat a Espanya no estava econòmicament justificada l'any 1987 en el trajecte estudiat. Pel que fa a la política tarifària, es busca un equilibri entre l'eficiència econòmica i la necessitat de recuperar en el possible part dels costos de construcció, per això s'han introduït polítiques tarifàries de descompte per incentivar la demanda.

5.3.2. Tram Madrid-Màlaga

El tram Córdoba-Màlaga va entrar en funcionament l'any 2007 i es va aprofitar la línia ja construïda entre Madrid i Sevilla l'any 1992 per poder unir dues grans ciutats: Madrid i Màlaga, amb un total de 476km. La junta d'Andalusia va fer un estudi sobre la viabilitat socioeconòmica del tram de TAV entre Córdoba i Màlaga, en gran part per acostar Màlaga a la capital espanyola. L'informe anomenat "*Análisis socioeconómico línea de AV Córdoba-Málaga*" va ser realitzat per economistes andalusos. Com es detallarà tot seguit, es fa una anàlisi del cost-benefici de la infraestructura.

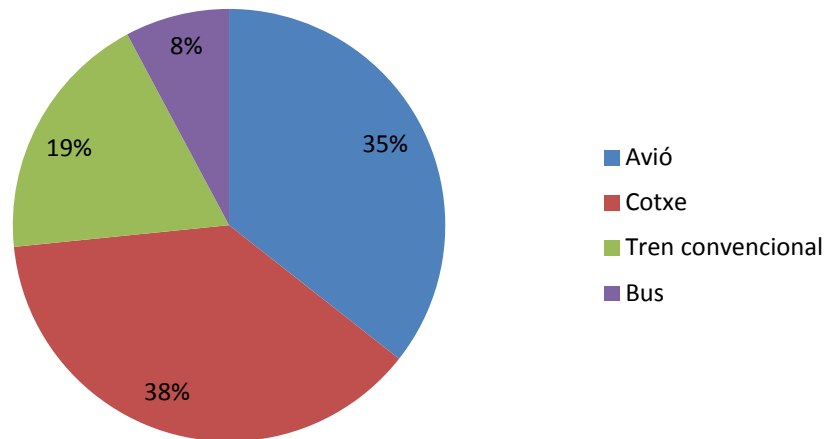
5.3.2.1. Rendibilitat social de la línia Madrid-Màlaga

Els economistes expliquen que els dos grans beneficis que aportaria la nova infraestructura serien: la reducció del temps de viatge i la generació de viatges. Per calcular els beneficis de la introducció del TAV es comparen els costos generalitzats de cadascun dels modes de transport (tren convencional, bus, cotxe i avió).

Per estimar i fer una previsió de la demanda que es produiria, prèviament es va mirar quin era el repartiment modal dels viatgers en els diferents modes de transport. Es van

mirar els 3 principals trajectes: Màlaga-Madrid, Màlaga-Córdoba i Màlaga-Sevilla. Aquestes dades es van aconseguir a partir de dades proporcionades per l'Aeroport de Màlaga (1996), Renfe, les companyies d'autobusos que cobreixen aquests trajectes i les estimacions del MOPT (1991).

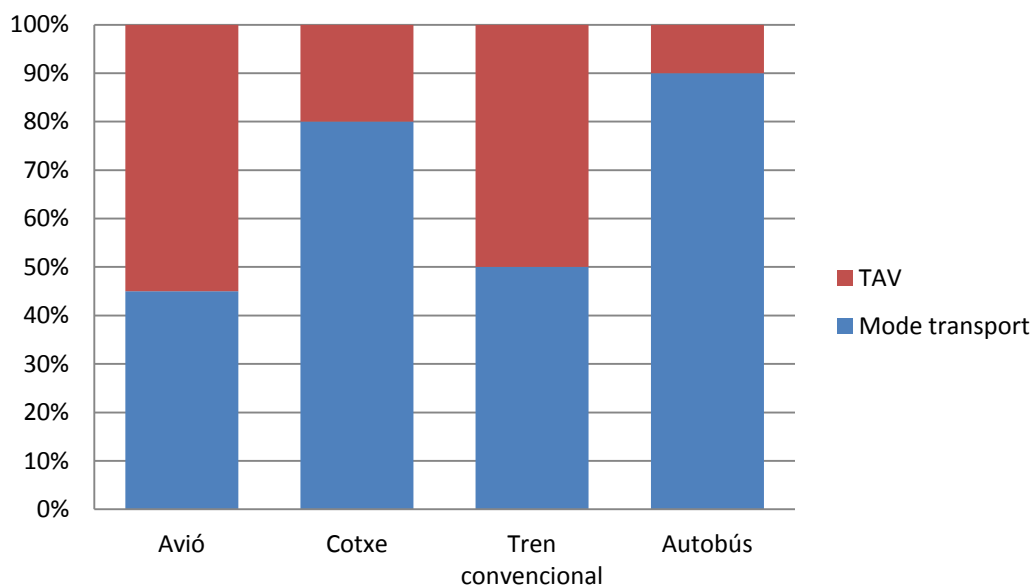
Gràfic 5.7. Repartiment modal de viatgers segons mode de transport entre Madrid i Màlaga (%)



Font: Anàlisis socioeconómico línea de AV Córdoba-Málaga.

Abans que es construís el TAV en aquest tram, el cotxe era el mitjà de transport que més es feia servir (38%) seguit de l'avió (35%), més lluny quedaven el tren convencional (19%) i l'autobús (8%). Una vegada es tenien les dades reals de trànsit, es va suposar un creixement d'aquestes amb una elasticitat del 1,15% respecte al PIB, fins l'any d'entrada en funcionament de la línia. En la gràfica 5.8 es veu l'estimació en percentatges de l'absorció de viatgers per part del TAV:

Gràfic 5.8. Viatgers absorbits pel TAV

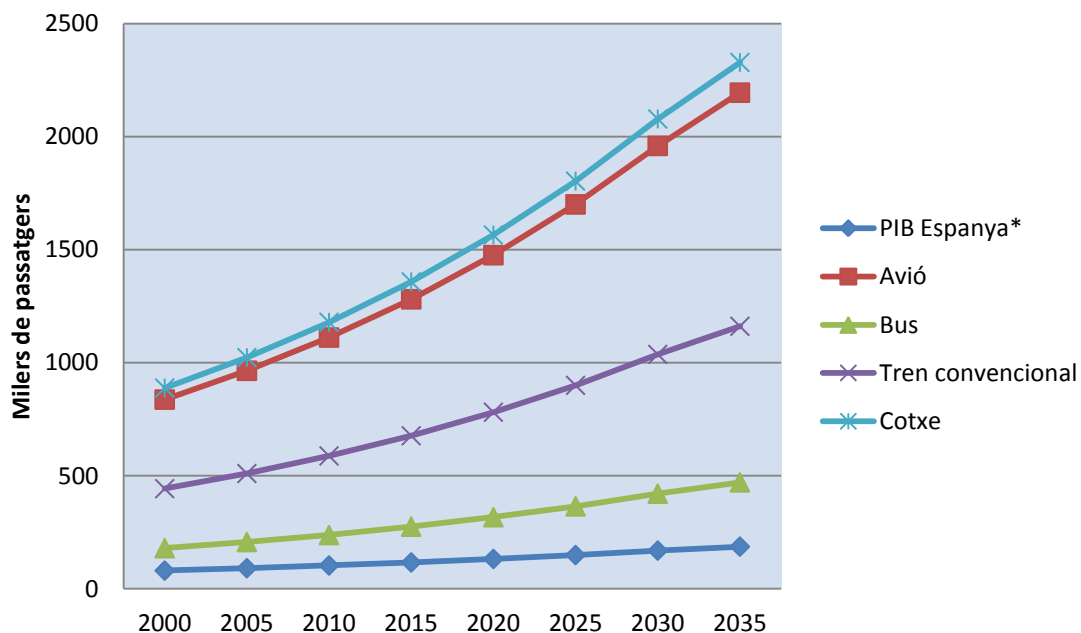


Font: Anàlisis socioeconómico línea de AV Córdoba-Málaga.

En el cas de l'avió, es va suposar una absorció del 55%, superior a la que es va produir a Sevilla (la realitat va xifrar en un 20% de disminució per la posada en funcionament del TAV Madrid-Sevilla, tal com mostren *De Rus i Inglada, 1993*). A més a més, es justifica aquest percentatge tenint en compte que la majoria de viatges entre Màlaga i Madrid són per motius d'oci, per tant, es va creure que hi hauria un transvasament molt important de l'avió al TAV. En el cas del cotxe, el supòsit és que hi hauria una disminució del 20% entre les dues ciutats. Aquest número d'absorció és inferior al que s'ha produït entre Sevilla i Madrid, degut a que al ser Màlaga una destinació turística, les famílies seguirien viatjant en cotxe (al no ser el TAV competitiu en aquestes circumstàncies). Pel que fa al tren, el percentatge seria del 50%, ja que en aquell moment un important nombre de viatgers utilitzaven el Talgo-200 Barcelona-Màlaga. Finalment, donat que l'autobús presenta uns costos molt reduïts i que els que fan servir aquest transport ho fan per motius econòmics (és el que té les tarifes més reduïdes de tots), el percentatge d'absorció seria simbòlic (10%).

Els economistes andalusos van quantificar la generació de nous viatges en un 25% (viatgers induïts), justificant-ho en que la situació de Màlaga a la Costa del Sol i el seu atractiu turístic potenciarien un nou nivell de trànsit des de Madrid. Per fer aquesta estimació, van calcular quin seria el flux de viatgers per modes de transport en aquest trajecte en el cas de que existís i de que no existís el TAV. En les següents gràfiques es mostren les estimacions de viatgers que circularan entre Madrid i Màlaga durant els pròxims anys. Els economistes andalusos van estudiar dues casuístiques: el cas en què no hi hagués TAV (gràfic 5.9) i el cas en què sí que n'hi hagués (gràfic 5.10):

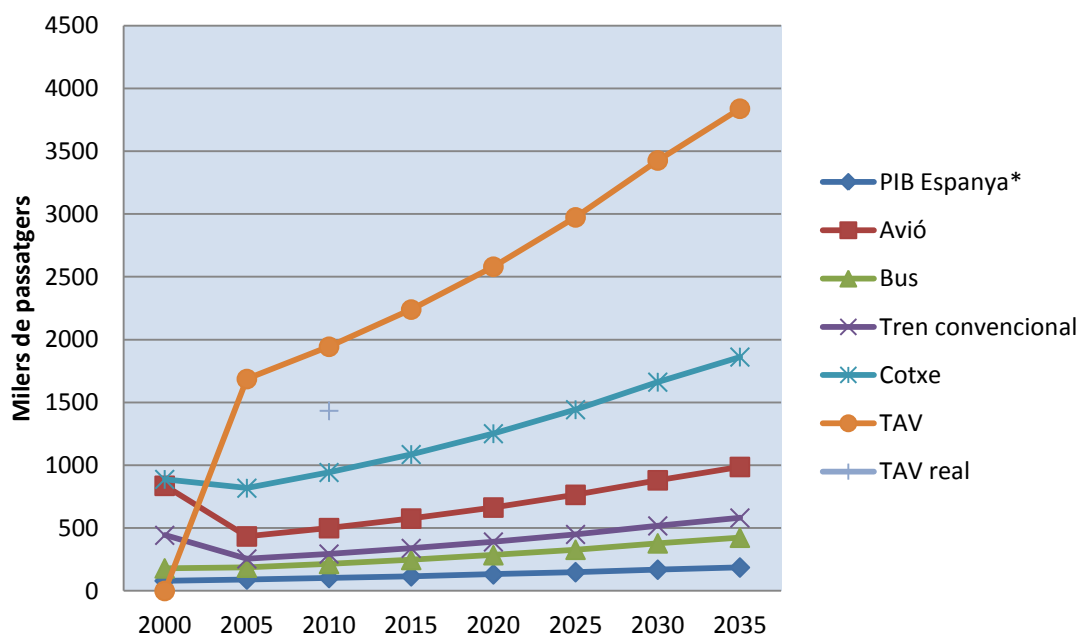
Gràfic 5.9. Estimació de viatgers Madrid-Màlaga (sense TAV)



*PIB Espanya: milions de pessetes, any 2000.

Font: Análisis socioeconómico línea de AV Córdoba-Málaga.

Gràfic 5.10. Estimació de viatgers Madrid-Màlaga (amb TAV)



*PIB Espanya: milions de pessetes, any 2000.

Font: Anàlisis socioeconòmic linia de AV Córdoba-Málaga.

L'estimació que els economistes van fer de creixement del PIB va ser del 2,5% cada any. Els números surten d'aplicar els percentatges d'absorció i de creació de nous viatgers que s'han vist abans. Es pot apreciar com l'estimació és que a partir de l'entrada en funcionament del TAV (prevista el 2005, recordem que va ser el 2007) tots els altres modes de transport pateixen un sotrac en la seva demanda, però després tornen a anar a l'alça gràcies al creixement constant previst del PIB a Espanya.

5.3.2.2. Resultats i conclusions

La conclusió a la que arriben els analistes d'aquest estudi és que el TAV entre aquestes dues ciutats era rendible econòmic i socialment, ja que s'arribava a una TIR de més del 10%, superant el 6% que normalment es demana per a la inversió en un projecte d'aquestes característiques. Totes les previsions que es van fer, segons l'anàlisi que van fer els economistes andalusos, van ser conservadores, per assegurar-se no sobrevalorar els beneficis que se'n derivaven del projecte.

5.4. CORREDOR EST-MEDITERRANI (MADRID-VALÈNCIA)

Per tenir una visió del que va suposar la construcció de la LAV entre Madrid i València, es presenta un quadre amb les dades bàsiques d'aquesta infraestructura:

Quadre 5.8. Dades bàsiques LAV corredor Est-Mediterrani (Madrid-València)

Posada en servei	Km	Cost total (M€)	Manteniment (M€/any)	Passatgers pap* (Mp/any)	Temps
2010	391	4.818	41,14	1,89	1h 40min

*pap=punt a punt. Font: ACB AVE Madrid-Valencia. Renfe (2013).

Elaboració pròpia.

A partir de l'estudi socioeconòmic anomenat "*Rentabilidad social de las inversiones públicas: análisis Coste Beneficio del AVE Madrid-Valencia*" realitzat per diferents professors de la Universitat de Cantàbria (Coto-Millán, Casares-Hontañón, San Millán i Agüeros Sánchez), s'analitzarà l'estudi i es compararà amb altres informes recents per poder veure com es va avaluar tant social com econòmicament aquest tram. Aquest estudi és posterior a la posada en funcionament de la LAV Madrid-València.

La metodologia que segueixen els autors és la valoració del benefici social en l'anàlisi cost-benefici, seguint documentació d'autors com *Dodgson (1984)* i *De Rus e Inglada (1994-1997)*.

5.4.1. Comptabilització dels costos

Generalment, l'apartat dels costos és el més objectiu (quan parlem de rendibilitat econòmica) ja que els preus són unitaris molts cops, no entren en consideració valoracions subjectives i són més fàcils de quantificar. És en l'apartat dels beneficis on els conceptes tenen un component més subjectiu i es fan moltes més prediccions, moltes vegades basades en suposicions. L'estudi recull tots els costos que es van generar per construir la nova línia, i els divideixen en els següents apartats:

- Costos de la infraestructura
- Manteniment de la infraestructura
- Material rodant
- Costos d'explotació
- Valor residual

Les fonts d'on s'extreuen totes aquestes dades són: ADIF, dades existents de la línia Madrid-Barcelona, Ministeri de Foment i Renfe.

5.4.2. Comptabilització dels beneficis

En aquest apartat s'estudien d'on sortiran els ingressos de la nova línia i s'estimen els beneficis següents:

- Ingressos per viatges generats i demanda induïda
- Distribució entre els diferents modes de transport
- Estalvi de temps
- Estalvi de costos dels altres modes de transport

- Reducció d'accidents i costos externs
- Reducció de la congestió i de l'impacte mediambiental

5.4.2.1. Ingressos per viatges generats

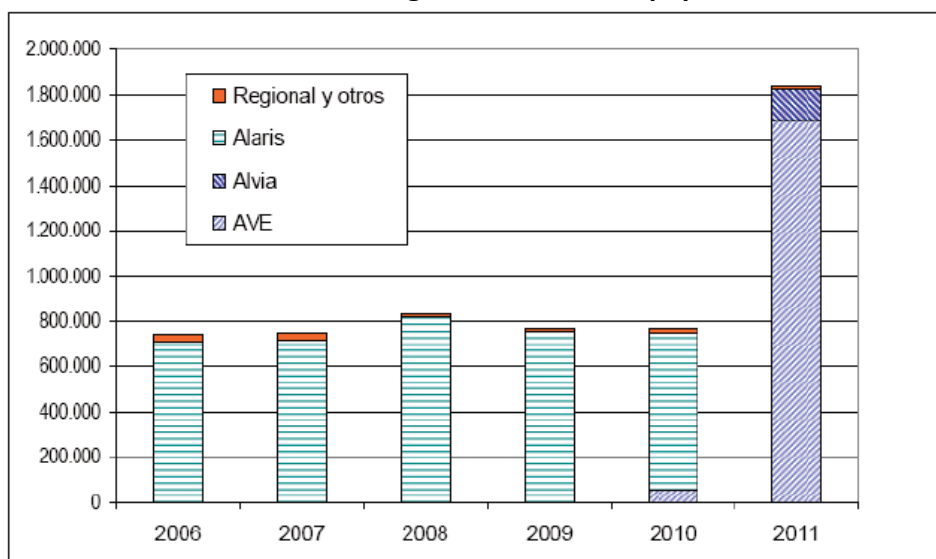
L'estudi calcula els viatges generats segons una extrapolació dels primers 100 dies de funcionament de la línia Madrid-València. Segons RENFE, durant aquest període es van transportar 510.000 passatgers. La progressió indica que en el primer mes es van desplaçar 4.300 persones al dia, el segon mes van ser 5.200 passatgers diaris i al tercer es va arribar al 70% d'ocupació: 5.800 viatgers al dia. Amb aquestes dades sobre la taula els experts van pronosticar que la demanda inicial al primer any seria de 3.051.000 d'usuaris.

Per altra banda, els estudis anteriors a la posada en funcionament fetes per altres organitzacions preveien dades semblants:

- Informe de Foment (2005): ambiciós, previsió de 3,5 milions de passatgers.
- Centre d'estudis Tomillo (departament dependent del ministeri de Foment): 3,5 milions de passatgers. Estudi fet a base d'enquestes a la Comunitat de Madrid: 816 a empreses i 500 a ciutadans.
- Previsió de Renfe (2010): 2.869.000 passatgers, la dada més semblant a l'estudi.

Ara es compararà amb la demanda real que hi va haver. En el següent gràfic 5.11 podem veure l'evolució dels viatgers de ferrocarril (2006-2011). Es comprova que el nombre d'usuaris de l'alta velocitat resulta finalment una mica més de 1,8 milions:

Gràfic 5.11. Evolució dels viatgers en ferrocarril pap: Madrid-València



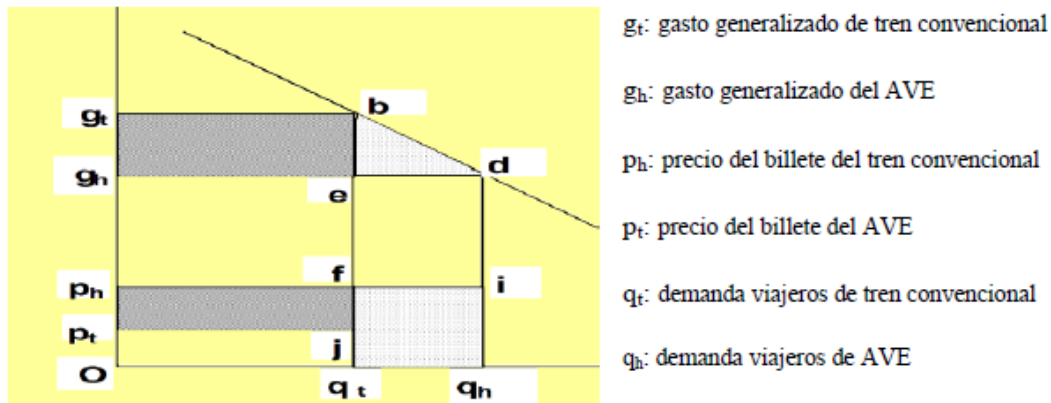
Font: Revista de alta velocidad (2012).

Les estimacions fetes sobre la previsió de la demanda es veuen errònies, cosa que afecta en el càlcul futur dels ingressos per la venda de bitllets, un dels beneficis més

grans que es computen en els càlculs dels beneficis com es veurà seguidament.

En relació als beneficis pels viatges induïts o de nova creació. El benefici ve representat per l'àrea delimitada pel rectangle format pels punts *fjiq*:

Gràfic 5.12. Beneficis per nous viatges



Font: Inglada (2011)

En termes analítics la fórmula quedaria de la següent manera:

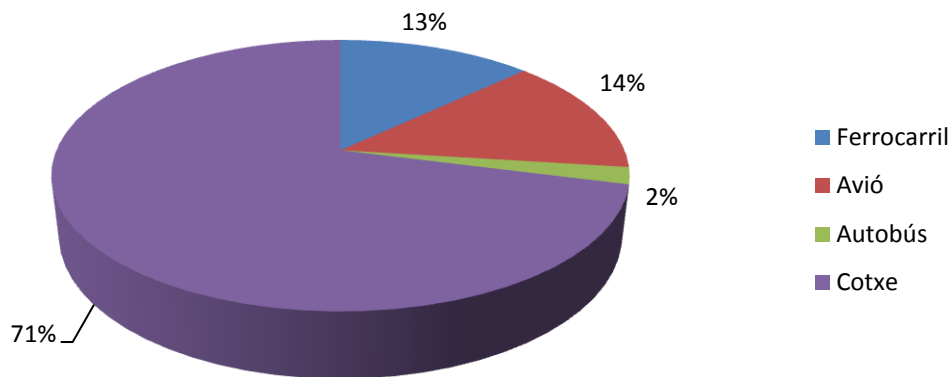
$$\text{Beneficis per nous viatges} = \frac{\text{Ingressos totals} \times \text{Nous viatges}}{\text{Viatgers totals}}$$

Per tant, és un error que té bastanta repercusió en el càlcul final de l'avaluació econòmica, ja que en aquest cas van fer servir el tren aproximadament 1-1,5 milions menys de passatgers dels que en teoria s'havien estimat, un nombre no gens despreciable, i que fa variar en gran quantitat l'equació que conforma els beneficis per nous viatgers.

5.4.2.2. La intermodalitat

La introducció del TAV a València va produir un impacte important respecte als altres modes de transport. Al gràfic 5.13 següent es mostra la distribució dels modes de transport abans del TAV:

Gràfic 5.13. Distribució segons el mode de transport abans del TAV (%)



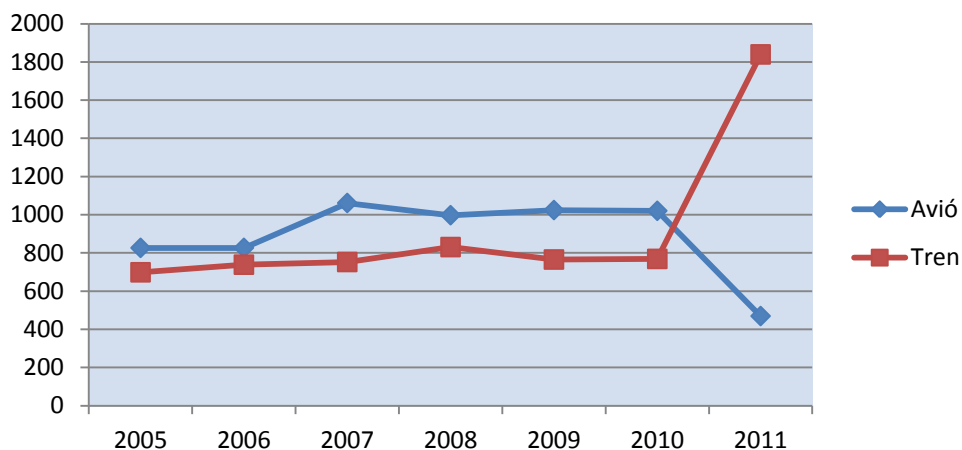
Font: RENFE (2009)

El cotxe era el primer mode de transport en diferència amb un 71% del mercat, seguidament i a una gran distància hi havia l'avió (14%) i el ferrocarril (13%), per últim la gent que anava en autobús era un 2%.

La previsió que fan els experts de l'estudi és que el TAV substituirà en un 55% els viatges que es feien en avió entre les dues ciutats (dada que s'ajusta a la realitat com veurem seguidament) i eliminarà un 25% dels viatges en cotxe. Estimant un percentatge semblant a la línia Madrid-Sevilla, preveuen que el 85% dels viatgers del tren convencional passaran a formar part de la LAV. A més, compten d'absorbir un 5% dels viatgers del bus també, arribant així als 3 milions de passatgers anuals.

Al gràfic següent es veu el canvi de tendència entre ferrocarril i avió en els últims anys, com a conseqüència de la introducció del TAV a finals de l'any 2010:

Gràfic 5.14. Evolució intermodalitat: ferrocarril vs. avió



Font: Revist de alta velocidad (2012).

5.4.2.3. Estalvi de temps

Es consideren els estalvis de temps que es produeixen per la substitució de viatges que abans es realitzaven amb altres modes de transport alternatius, i que ara es fan amb TAV. En el següent quadre es comprova que el TAV és l'alternativa més eficaç pel seu

estalvi de temps (no s'inclou el trajecte de l'aeroport al centre de la ciutat, on et deixen els altres modes de transport):

Quadre 5.9. Temps de trajecte Madrid-València segons mode de transport					
	Autobús	Cotxe	Tren convencional	Avió	TAV
Temps total	4h	3h 45min	3h 30min	1h 40min*	1h 55min**

*Inclou 45min de facturació. **Inclou 20min de facturació

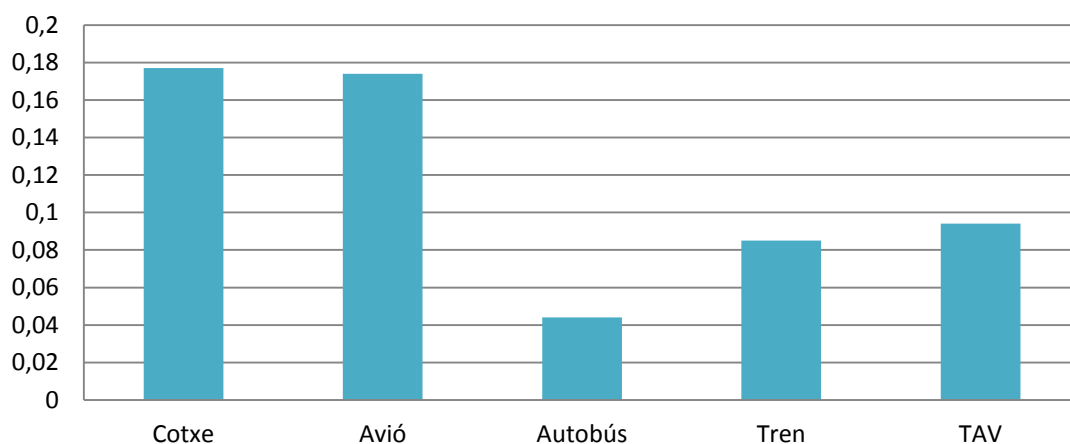
Font: ACB del AVE Madrid-Valencia (2011). Elaboració pròpia.

El valor que pren l'estalvi de temps de viatge es correspon amb el benefici net d'utilitat de l'ús alternatiu del temps. Es pot estimar aquest valor del temps amb el mètode de preferències revelades o de preferències declarades com ja s'ha estudiat. En aquest cas, els analistes fan servir valors del temps recomanats pel Ministeri de Foment. Fent servir aquest valor a les equacions troben els beneficis totals deguts a l'estalvi de temps.

5.4.2.4. Estalvi de costos en altres modes de transport

A partir de les dades elaborades pel CEDEX (Centre d'Estudis i Experimentació d'Obres Públiques), centre adscrit al Ministeri de Foment, mostren les dades dels costos de producció per mode de transport: el que costa portar cada viatger per quilòmetre:

Gràfic 5.15. Costos de producció per mode de transport (€ per viatger/Km)



Font: ACB Madrid-Valencia (2011).

S'observa que els costos d'anar en bus són els més baixos, però al ser dues alternatives de transport poc substitutives de demanda (en comparació amb el TAV) l'impacte negatiu no és important, ja que la majoria de passatgers que abans ho feien en bus ho continuaran fent. En canvi, no passa el mateix amb el cotxe i l'avió, que tenen uns costos molt més alts que el TAV, cosa que produeix que com més gent absorbeixi aquest mode més beneficis hi haurà ja que es baixaran els costos productius.

Finalment el càlcul de la reducció dels costos quedaria de la següent manera:

$$\text{Reducció de costos} = \sum_{i=1}^4 Ts_i \times \Delta(Cp_i - Cp_{TAV})$$

On Ts és el trànsit de substitució: nombre d'usuaris que deixen un mode per anar en TAV, i Cp és el cost de producció de cada mode. Gràcies a aquesta fórmula es veu quin és el benefici que produeixen els viatgers que deixen modes de transport amb majors costos de producció (sobretot el cotxe i l'avió) per anar en TAV.

5.4.2.5. Estalvi per menors costos externs

Com s'ha vist en altres apartats aquest estalvi està format per la disminució dels accidents, la congestió i dels costos mediambientals:

- Reducció d'accidents: amb les dades de INFRAS (2004) s'analitza el cost dels accidents per modes de transport, resultant el transport per carretera el més car en aquest sentit ja que segons l'estudi el 99,5% dels accidents es produeixen a la carretera. Per la seva banda, el transport aeri degut a la seva baixa accidentalitat es considera amb un cost despreciable comparat amb el terrestre. Tornant a fer servir la dada de trànsit de substitució valoren com afecta el canvi de mode de transport en la reducció dels costos.
- Reducció de la congestió: aquest cost extern es produeix sobretot en els usuaris del transport terrestre. El cost es mesura en el temps extra que es perd quan s'està en una carretera congestionada. El TAV provoca que menys usuaris utilitzin el transport terrestre, i per tant, descongessiona les carreteres, provocant un estalvi de temps a tots aquells vehicles que van per carretera. Amb les dades del Ministeri de Foment del 2010 que determinen els costos de congestió mitjans per carretera es calcula aquesta reducció dels costos. Concretament, amb la dada de trànsit de substitució multiplicada pels costos de congestió de la carretera s'obté el benefici per menor congestió.
- Reducció costos mediambientals: s'utilitzen les dades de INFRAS (2004) sobre els costos del canvi climàtic, la contaminació atmosfèrica i sonora, i els costos mediambientals per modes de transport. Multiplicant el nombre de trànsit de substitució per aquests costos (per cada mode de transport) es troba el benefici degut al menor cost mediambiental.

5.4.3. Resultats i conclusions

Una vegada calculats tots els costos i els beneficis, tant socials com econòmics, els experts d'aquest anàlisi determinen el benefici net final a partir del VAN del projecte. Per això tenen en compte dos contextos temporals, i per tant, dos tipus d'interès segons

el moment econòmic en que s'estigui en un futur (taxes del 2,5% i el 5%). El període per a tota la infraestructura la fixen en 40 anys, amb una depreciació lineal del 2,22%, mentre que pel material rodant estimen una vida útil de 20 anys. Es suposa una taxa de creixement mig del PIB d'un 2,5%, i una elasticitat de la demanda de viatges de 1,4% respecte el creixement del PIB (un 40% més d'increment en la demanda de viatges en comparació a la renda).

Segons aquest estudi els costos socials i econòmics superen els beneficis, i per tant, el benefici net social del projecte és negatiu, cosa que vol dir que aquest projecte tindrà pèrdues en l'any calculat (2011), molt més accentuades com major és la taxa aplicada. En conclusió, la rendibilitat del projecte és negativa.

6. ANÀLISI CRÍTICA DE LES AVALUACIONS REFERIDES

Després de veure una mostra de les diferents metodologies que s'han seguit per estudiar i avaluar alguns trams d'alta velocitat a Espanya a nivell social i econòmic, ara toca fer una anàlisi crítica de totes aquestes avaluacions. Per realitzar aquesta anàlisi el que s'estudiarà serà quin resultat han tingut les infraestructures al llarg dels anys, o sigui, si s'han complert les previsions sobre demanda de passatgers, beneficis, costos de construcció i manteniment, etc. que les diferents avaluacions i estudis han mostrat prèviament.

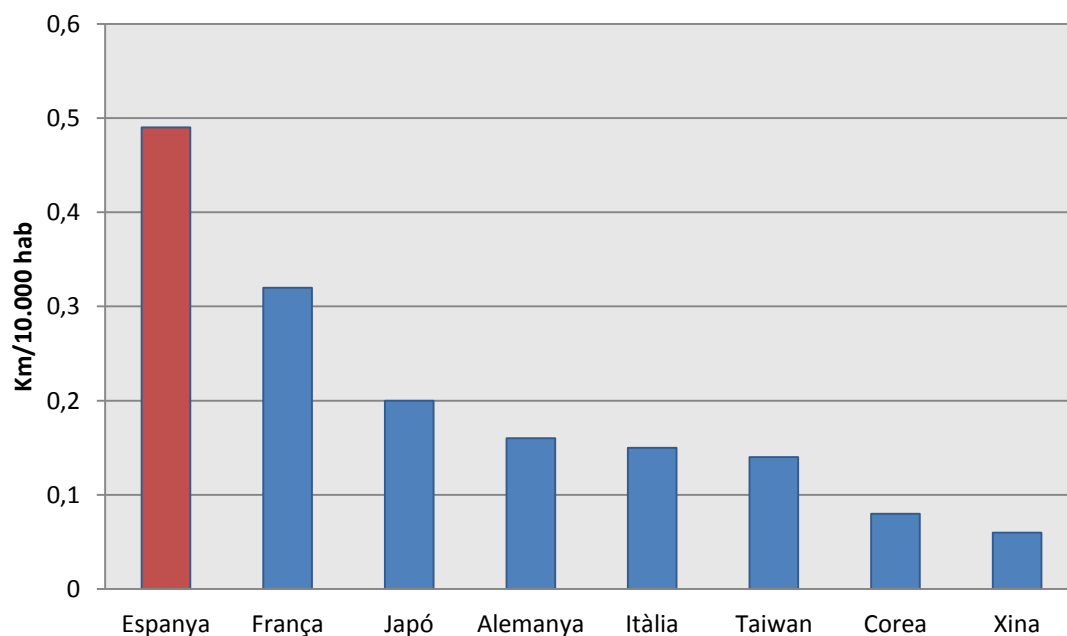
S'ha de ser conscient que l'entrada en vigor de les noves línies a Espanya no va ser sotmesa a cap anàlisi cost-benefici per part del govern espanyol abans de la seva aprovació, sinó que és en la literatura econòmica on existeixen algunes avaluacions realitzades des de l'àmbit acadèmic, com s'ha vist anteriorment. Aquests estudis socioeconòmics es basen sobretot en l'anàlisi cost-benefici, i que a partir d'aquest s'extreu si una infraestructura és rendible o no. Al cap i a la fi, la inversió pública s'hauria de fonamentar sobre els criteris que s'han indicat en aquestes avaluacions socioeconòmiques, ja que teòricament són objectives i mostren d'una manera raonable quins són els arguments per construir la infraestructura. Són estudis molt difícils de realitzar i que tenen un alt grau de suposició: dades estimades a 30 anys vista (amortitzacions, beneficis, costos, etc), evolució de l'economia a curt, mig i llarg termini (creixement del PIB, rendes), demanda prevista i demanda nova generada. Tot això fa que les avaluacions no siguin totalment precises, però sí mostren d'una manera més o menys clara la tendència. El que s'hauria d'intentar, però, és que aquestes acabin sent el més acurades i fiables possibles, i que encara que un territori o ciutat vegi en l'alta velocitat una porta cap al futur s'ha de tenir clar en quin món estem i el que ens envolta (es compararà les LAV espanyoles amb les que hi ha al món). Les avaluacions no poden ser partidistes ni seguir cap ideologia política, l'única cosa que s'aconsegueix si es segueixen aquestes pautes és ser menys eficients i fiables. És per això, que tota anàlisi d'una gran inversió en infraestructures ha de seguir motius estrictament tècnics, econòmics i socials, i tots ells de forma objectiva.

6.1. ALTA VELOCITAT A ESPANYA I A NIVELL MUNDIAL

Per començar es veurà quin és el tamany de l'alta velocitat espanyola a nivell mundial. Gràcies a un estudi dut a terme per la Universidad de Castilla-La Mancha i la de Cantabria (dirigit pel catedràtic en Transport: José María Menéndez) la comparació de la xarxa espanyola amb la de països amb una infraestructura similar no deixa cap mena de la sobredimensió d'aquesta. Ara mateix és la 3a a nivell mundial, i en acabar els projectes que s'estan executant a hores d'ara, serà la segona, superada només per la Xina (segons les dades de la UIC).

Al següent gràfic 6.1. es pot veure com Espanya encapçala el rànquing mundial en quilòmetres operatius de TAV per cada 10.000 habitants, quasi 0,5 km. És una xifra que per exemple dobla la de Japó (0,2 km per cada deu-mil habitants).

Gràfic 6.1. Quilòmetres operatius d'AV per cada 10.000 habitants

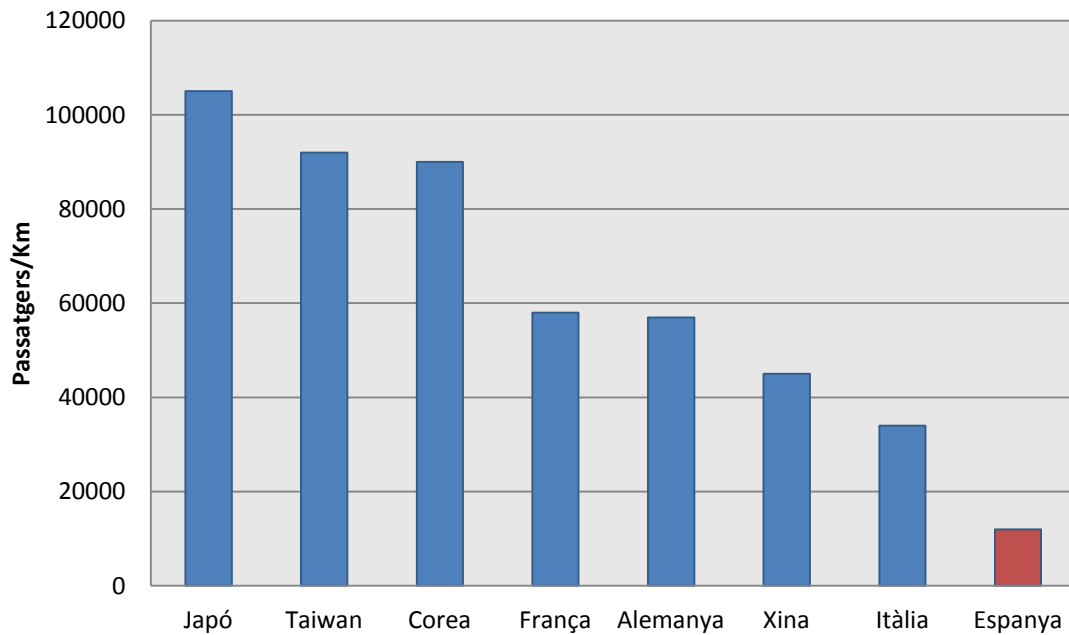


Font: UIC (2012). Elaboració pròpia.

En la línia que segueix la present tesina, aquest punt intenta fer una breu anàlisi de si aquesta xarxa de nivell mundial està subjecte a les exigències i necessitats del país en qüestió, i és aquí on entra l'avaluació de la rendibilitat social i econòmica de les LAV a Espanya i la seva dificultat. Per altra banda, la construcció de noves línies continua i mentre no s'analitzin bé aquestes rendibilitats els números reals (òbviament sempre a posteriori de la construcció) indiquen que les avaluacions que es van fer van ser errònies (canviar la metodologia) o escasses (obligatorietat per llei), ja que el camí que s'està seguint no és sostenible, com a mínim econòmicament parlant.

A continuació, es mostra un altre exemple (gràfic 6.2) del nombre de passatgers per quilòmetres operatius. Així es veu com en relació amb els altres països del gràfic anterior, Espanya està a la cua en passatgers per quilòmetre, en altres paraules, hi ha molts quilòmetres i pocs passatgers en comparació, cosa que significa que hi ha una sobredimensió de la xarxa.

Gràfic 6.2. Passatgers per quilòmetres



Font: UIC (2012). Elaboració pròpia.

Mentre per una banda Espanya continua pressupostant TAV cada any, altres països del món s'esperen i estudien les rendibilitats pertinents. És el cas del Regne Unit, que té problemes de capacitat en la seva xarxa convencional i una demanda més que suficient per aquest tipus de transport d'alts costos fixos, el seu govern segueix estudiant i publicant els resultats al Ministeri de Transports abans de decidir-se a invertir en línies que unirien Londres amb Manchester i Escòcia. A Suècia, per la seva banda, segueixen avaluant la rendibilitat social de la inversió en el tram Estocolm-Gotteborg, i als EUA, encara no han construït ni una sola línia, encara que tenen els corredors de trànsit (i la renda per càpita) més apropiats per aquest tipus d'infraestructura que els mateixos espanyols.

6.2. ERRORS EN LA PREDICCIÓ DE LA DEMANDA

Com s'ha vist en apartats anteriors la rendibilitat econòmica de l'alta velocitat és molt sensible al volum de demanda existent en el corredor on es construeixi la línia, a la seva capacitat per desviar el trànsit d'altres modes de transport, a la disposició a pagar dels usuaris, etc. No hi ha gaires estudis que analitzin el per què dels errors en les previsions de demanda de transport i menys en les seves causes. Es parla d'error en les previsions quan aquestes a la realitat no s'ajusten a les que en un principi s'havien calculat en els informes de viabilitat econòmica de la infraestructura en qüestió. Tot i això, a partir d'anàlisis existents i sobretot de la pròpia experiència, es poden assenyalar una sèrie de factors que explicarien d'alguna manera el per què hi ha equivocacions en les previsions:

- Generalment es tendeix a sobreestimar la demanda.

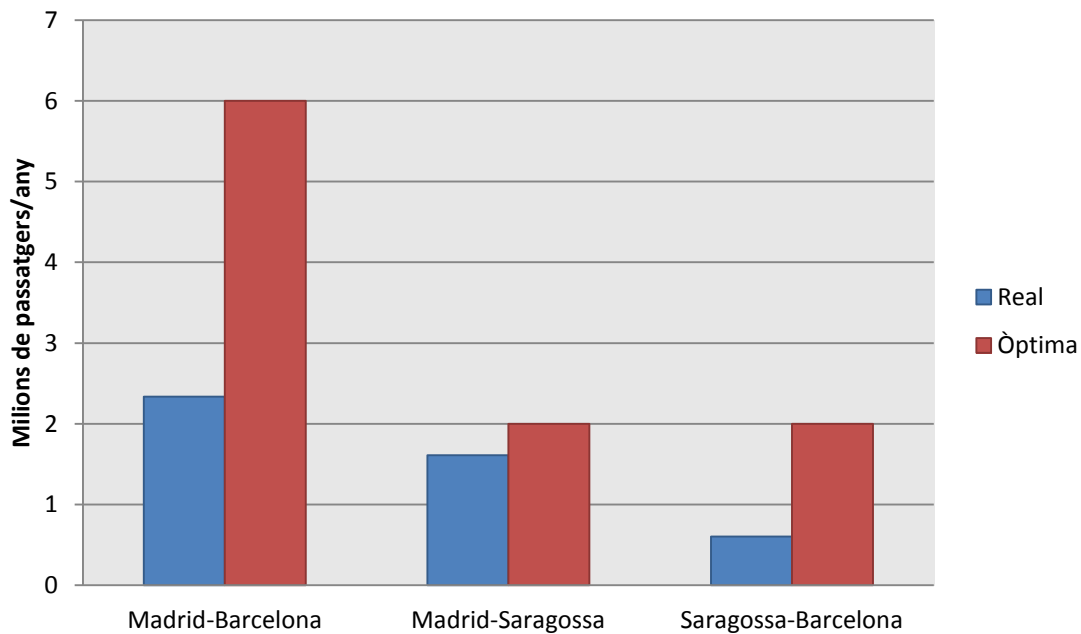
- Les desviacions es generen per treballar sistemàticament amb hipòtesis optimistes, no tant per la limitació o la incorrecta aplicació de les tècniques de previsió.
- Dins dels errors de les tècniques de previsió, el que en genera més són els que tenen l'origen en la informació de base.

Si la demanda real està per sota de les previsions el sistema estarà infrautilitzat, apareixent un excés de capacitat. Normalment això comporta problemes econòmics, particularment en el cas de la financiació privada, ja que els ingressos no permetran cobrir els costos. Els errors en les avaluacions d'alta velocitat són molt més costosos, ja que si la línia en qüestió no atrau la quantitat de passatgers que s'esperava no es pot tancar la via i traslladar-la a una altra banda, la societat en aquest cas haurà invertit uns recursos sense una contrapartida suficientment bona en beneficis socials.

Avui dia, es poden comparar aquestes estimacions amb les dades reals. En aquest cas només es pot comparar amb els estudis realitzats anteriorment a la posada en funcionament de les LAV. És el cas del tram Madrid-Barcelona, Madrid-Màlaga i Madrid-València.

En el cas del tram Madrid-Barcelona, el que es va calcular en "*Análisis económico de la línea de AV Madrid-Barcelona*" (DeRus i Román, 2006), va ser la demanda per la qual el projecte seria rendible. En aquest estudi s'explica i es calcula quina és la demanda òptima. En el gràfic 6.3. es pot comparar aquesta amb la demanda real obtinguda:

Gràfic 6.3. Passatgers TAV Madrid-Saragossa-Barcelona (2008)



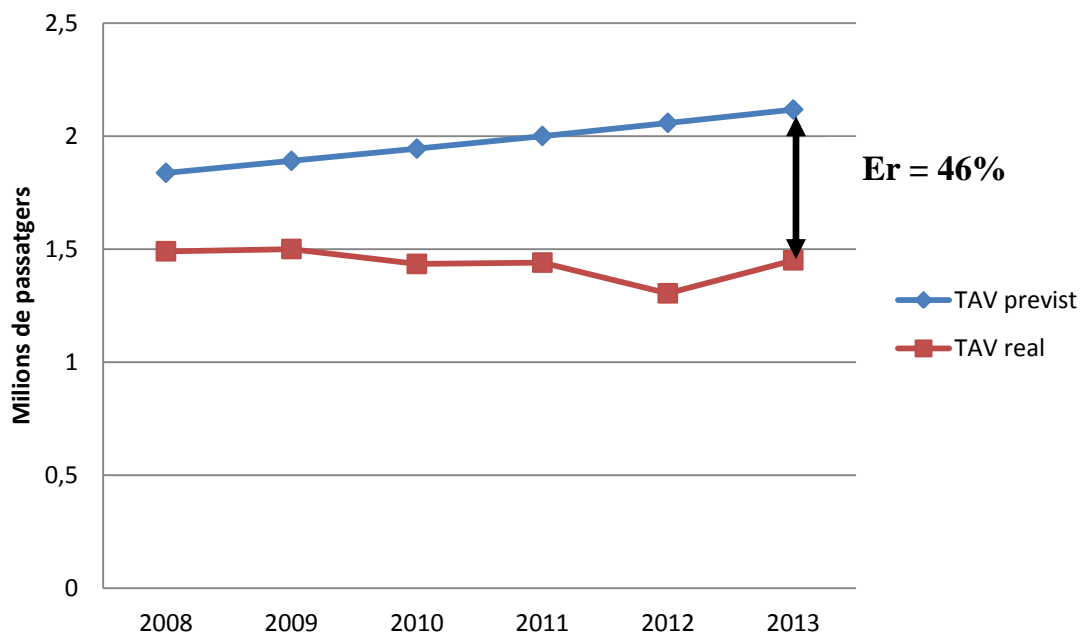
Font: Análisis económico de la línea de AV Madrid-Barcelona (2006). Ferropèdia. Elaboració pròpia.

Es veu com en el primer any de posada en marxa el nombre de passatgers no va arribar ni a la meitat del que seria òptim. En els darrers anys tampoc hi arriba, encara que l'any 2013 s'hagi arribat als 3 milions de passatgers. Passa el mateix en els trams Madrid-

Saragossa i Saragossa-Barcelona, on la demanda tampoc arriba al mínim òptim. S'ha de dir que l'estudi deixa de banda estalvis en congestió, en major capacitat tant a les carreteres com als trens i en els efectes de xarxa per la connexió posterior amb França, que podrien suposar una disminució en el càlcul de la demanda de passatgers. No obstant això, aquesta disminució no seria gaire significativa, ja que aquests beneficis no serien prou elevats.

Pel període en què ha estat en actiu el tram Madrid-Màlaga es veu com les previsions de l'ús de l'alta velocitat van ser totalment errònies (*"Análisis socioeconómico línea de AV Córdoba-Málaga"*, Economistas Andaluces). En concret, els últims anys hi ha una diferència de més de mig milió de passatgers, que previsiblement haurien d'haver fet servir el TAV i no ho van fer, això suposa un error relatiu del 46% (si tenim en compte que les previsions eren que hi hauria més de 2 milions de passatgers i no s'ha arribat ni als 1,5 milions).

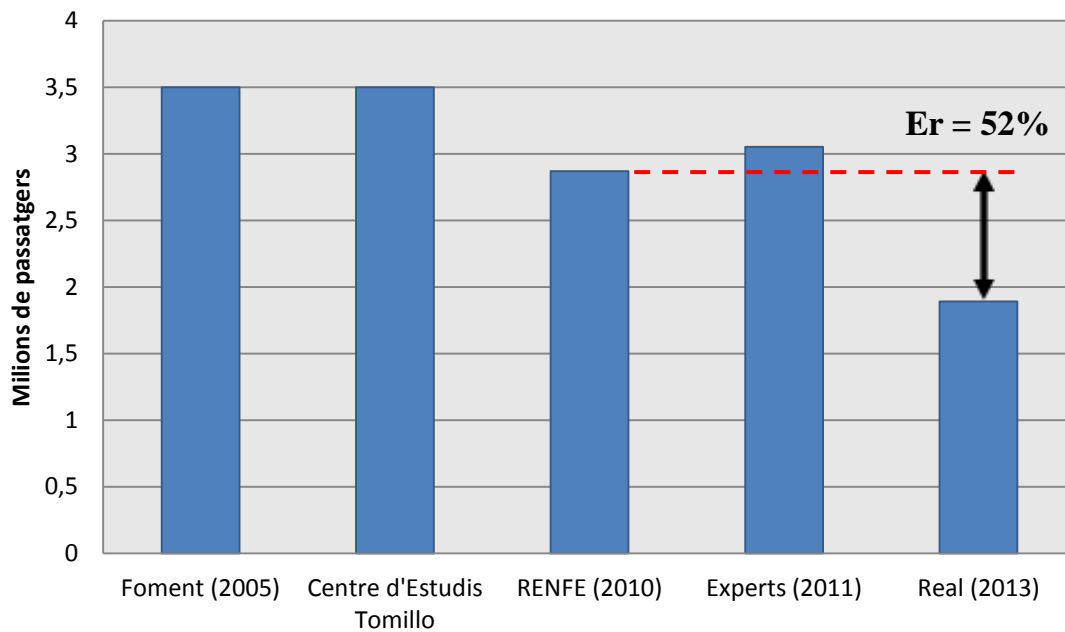
Gràfic 6.4. Evolució passatgers TAV Madrid-Màlaga



Font: *Análisis socioeconómico línea de AV Córdoba-Málaga. Renfe (2013). Elaboració pròpia.*

En el cas del tram Madrid-València també es van oferir estimacions errònies sobre la demanda de passatgers que hi hauria. En el gràfic 6.5. es veu com l'estimació més acurada la va proporcionar RENFE el mateix any que es va posar en funcionament la línia (2010), tenint un error relatiu del 52%. Els experts que van calcular la demanda pel 2011, basant-se amb les dades d'un mes de l'any anterior també van sobreestimar la demanda. I per últim, Foment i el Centre d'Estudis Tomillo (vinculada al Ministeri de Foment) van sobreestimar la demanda amb més d'un 94%.

Gràfic 6.5. Passatgers TAV Madrid-València



Font: Anàlisi Coste Benefici del AVE Madrid-València (2011). Elaboració pròpia.

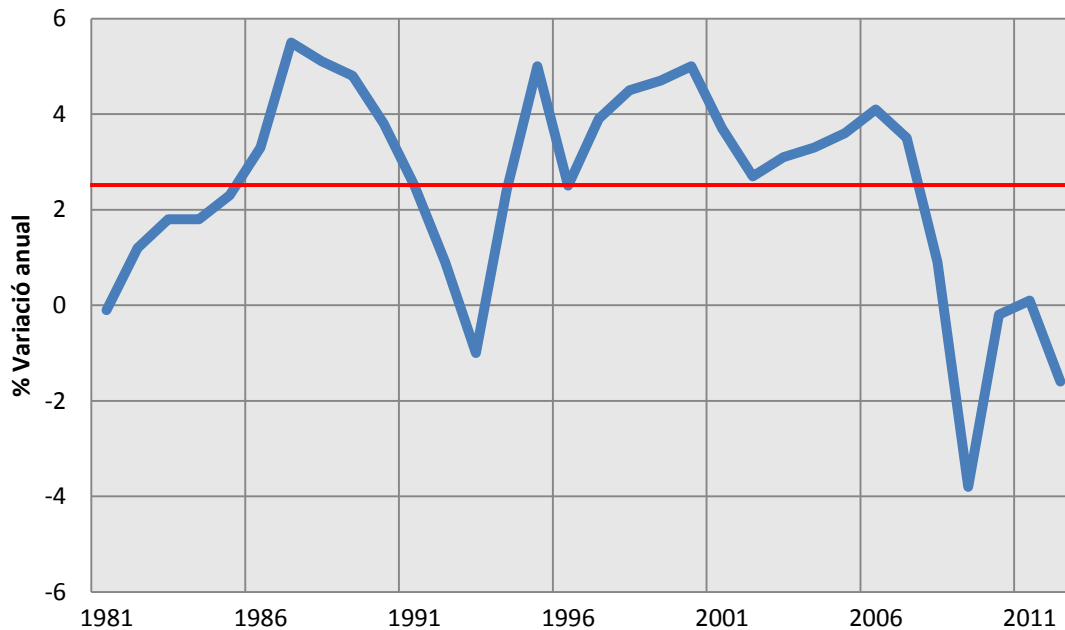
És per això que, la utilitat d'una bona predicció de la demanda és clara, i per això es requereix disposar d'un coneixement adequat de les principals tècniques i models de predicció de la demanda. Encara que en els últims anys els models d'estimació de demanda han millorat, els errors en la predicció persisteixen. Els estudis de *Flyvbjerg et al.* (2006) i *Pickrell* (1989) conclouen que la incertesa en les prediccions no ha millorat al llarg del temps: es revisen 210 projectes d'inversió en carreteres, i es comprova que la diferència entre el trànsit estimat i l'observat és d'un 20%. A més a més, s'observa un biaix sistemàtic cap a la sobrepredicció. En el cas del ferrocarril, la demanda estimada arriba a ser un 66% superior a l'observada i en el 85% dels projectes analitzats, el trànsit predit va ser un 20% superior a l'observat. Això es deu a que en la distribució modal es donen unes capacitats al ferrocarril molt optimistes, així doncs, es conclou que en la majoria de projectes l'elevada desviació en les prediccions de la demanda posa de manifest l'alt grau d'incertesa i risc en que corren aquestes avaluacions.

Com que la incertesa és, almenys parcialment, inevitable, s'han de buscar mètodes alternatius que permetin incorporar-la en l'avaluació del projecte, com proposaré en el següent capítol de model a seguir en les avaluacions d'infraestructures.

6.3. ERRORS EN LA PREDICCIÓ DE L'EVOLUCIÓ DE L'ECONOMIA

L'economia juga un paper fonamental en l'avaluació de projectes d'infraestructures. Una anàlisi cost-benefici ha de mesurar com evolucionarà el creixement d'un país en funció del seu PIB entre d'altres indicadors econòmics. Aquest però és l'indicador per excel·lència per saber si l'economia d'un país està creixent o no. Tots els estudis analitzats preveien una mitjana de creixement del PIB del 2,5% anual. Com a conseqüència de la crisi generalitzada, aquests últims anys no hi ha hagut tant de creixement com es pot veure en el gràfic del PIB d'Espanya de les últimes 3 dècades:

Gràfic 6.6. Evolució del PIB a Espanya (1981-2012)



Nota: línia vermella indica creixement PIB = 2,5%.

Font: Datosmacro.com. Elaboració pròpia.

Com s'ha vist les LAV a Espanya es van començar a construir l'any 1987 amb el TAV Madrid-Sevilla, després han seguit les connexions amb Màlaga, Barcelona i València. En totes elles, les previsions que es van fer va ser la de creixement del PIB al 2,5% anual. Anys després es veu com aquesta predicció a llarg termini no s'ha complert. Realment és molt difícil d'encertar ja que l'economia es molt variable tal i com mostra la gràfica. No es manté estable durant molts anys seguits, i això provoca que no es pugui agafar un número de referència concret pel creixement, així doncs depèn sempre de les estimacions mitjanes.

6.3.1. Taxa social de descompte

Decidir sobre la rendibilitat social d'un projecte exigeix identificar i quantificar els beneficis i els costos durant la vida del mateix, i ponderar-los amb una taxa social de descompte determinada. Les avaluacions que s'han vist utilitzen uns valors diferents segons cada cas:

- Madrid-Barcelona: 2,5%-5%
- Madrid-Sevilla: 6%
- Madrid-València: 2,5%-5%

La rendibilitat d'un projecte depèn molts cops del valor d'aquesta taxa, que en teoria mostra la preferència de la societat entre el consum present i el consum futur, però a més, implica valorar beneficis i costos d'individus que encara no han nascut, ja que el consum d'aquestes infraestructures es calcula durant 30 o 40 anys.

En teoria, la taxa social de descompte recomanada és del 5% (*Guia d'ACB de la DG*

Regio, European Commission, 1997). A França i al Regne Unit la taxa és del 8%, i als EUA i al Canadà, del 10% (*Robusté, 2010*). S'ha de recordar que com més alt sigui el valor de la taxa de descompte més conservador i baix és el resultat de la rendibilitat, i a l'inrevés, una taxa baixa produeix un resultat més optimista envers la rendibilitat d'un projecte. Per tant, es veu com les taxes utilitzades en aquests estudis varien entre 2,5%-6%, valors tirant a baixos si els comparem amb aquests països.

6.4. L'ACTUAL SISTEMA D'AVALUACIÓ I DE PRESA DE DECISIONS

En aquest punt es vol explorar amb una mica de detall el sistema d'avaluació de projectes i presa de decisions dins l'àmbit competencial del Ministeri de Foment. En particular es veurà:

- Quines eines s'utilitzen per l'avaluació de projectes (petita referència ja que s'ha vist àmpliament abans).
- Com es forma el procés de presa de decisions (legitimitat i racionalitat).
- Perspectives futures (es tractarà al capítol 7).

6.4.1. Eines per a l'avaluació de projectes

L'avaluació de projectes es realitza des de dues perspectives: l'anàlisi cost-benefici i l'avaluació ambiental. Juntament a aquestes tècniques n'hi ha d'altres, més interessades en els efectes territorials, encara que és reconeguda la dificultat teòrica de valoració d'aquests efectes.

Com ja s'ha vist en apartats anteriors l'ACB s'ha consolidat com una metodologia útil per l'avaluació de projectes de transport i d'alternatives. Per la seva banda, l'Estudi d'Impacte Ambiental:

- 1) Identifica l'existència de condicionants ambientals per la implantació del projecte en el territori, que en algun cas, podrien arribar a desaconsellar la seva execució.
- 2) Avalua els impactes sobre el medi ambient, que poden valorar-se econòmicament com efectes externs dins de l'ACB.

6.4.2. Procés de presa de decisions

El sistema de presa de decisions a Espanya passa primer per realitzar un estudi informatiu i d'impacte ambiental del projecte, que conté:

- La definició d'alternatives pel projecte.
- L'avaluació de les alternatives mitjançant dues anàlisis: cost-benefici i multicriteri.

- L'estudi d'impacte ambiental (DIA).
- La proposta en quant a la selecció de l'alternativa més adequada

Després de sotmetre's a informació pública, i sent la Declaració d'Impacte Ambiental (DIA) favorable al projecte, el Ministeri de Foment pot aprovar l'actuació. Tot i no existir un procediment normalitzat, en tots els casos hi ha una certa justificació tècnica que respon a tres tipus de consideracions: la demanda de transport, el medi ambient i el desenvolupament econòmic del territori afectat per la infraestructura.

L'experiència demostra que el sistema actual s'ha deixat influir per la disponibilitat de considerables recursos financers de la UE. L'existència d'aquests fons genera una gran demanda de projectes de transport des de finals dels anys 80. Les demandes de passatgers tant baixes s'argumenten amb tot tipus de beneficis indirectes sovint molt difícils de mesurar. Des del punt de vista de la presa de decisions, la necessitat d'absorbir aquests fons europeus genera un cert desinterès pels resultats econòmics dels ACB. Així, els agents governamentals associen l'èxit en la seva gestió en base a l'execució de nous projectes, de cara a l'opinió pública.

Les carències d'aquest model de gestió posen de manifest la difícil combinació entre la lògica tècnica i la política. Mentre la primera considera necessari definir amb antelació una programació d'inversions, la segona, busca poder articular un consens suficient per legitimar la seva gestió. Aquest problema es resoldria amb més transparència en la gestió de la política pública. Des d'un punt de vista eficient, resulta difícil justificar l'absència de programació. Des del punt de vista de la racionalitat, transmet la sensació que no hi ha les eines tècniques capaces d'ajudar a identificar les prioritats, i des de la legitimitat, sembla que l'absència de criteri està lligada a un desig d'opacitat en quant a la motivació de les seves decisions.

6.5. ESTUDI DEL CORREDOR NORD (MADRID-BARCELONA)

L'estudi d'aquest corredor el van realitzar els catedràtics d'Economia *Ginés de Rus* i *Concepción Román* de la Universidad de Las Palmas. En el seu "*Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona*" analitzen abastament quina seria la rendibilitat social d'aquesta línia, o sigui quant guanyarien els usuaris amb la inversió en alta velocitat, i quin volum de demanda seria necessari durant la vida del projecte per arribar a una rendibilitat raonable. Per fer-ho fan servir l'anàlisi cost-benefici, on per costos s'entén: construcció, manteniment i operació (extrets de dades oficials i informació continguda en d'altres estudis com l'avaluació del TAV Madrid-Sevilla, de Rus e Inglada, 1993-1997); i per beneficis: disminució del temps de viatge i millora de la qualitat (on s'ha tingut en compte el valor del temps).

L'estudi es divideix en dos: el tram Madrid-Saragossa (on les enquestes es van realitzar a posteriori) i el Madrid-Barcelona (en el que es van realitzar abans de la posada en funcionament del servei). L'estudi en ambdós trams posa especial èmfasi en la demanda i els factors que la gent té en compte a l'hora de seleccionar un mode de transport. És per això que fan servir enquestes dirigides als viatgers dels dos trams

(models de demanda desagregats). En el primer cas, amb el TAV ja en funcionament s'estima un model d'elecció modal basat en dades de preferències revelades dels usuaris en aquest corredor. En el segon cas, el model és mixt, amb preferències declarades i revelades. Les dades de les preferències declarades es basen en un experiment d'elecció modal entre avió i TAV, que a més inclou dades sobre el nivell de servei, confort i fiabilitat, obtenint així la disposició a pagar dels usuaris per cada mode. L'anàlisi de la demanda es basa en donar les xifres per les quals el projecte tindria un VAN social positiu, o sigui, seria rendible. Aquestes indiquen que amb una demanda de 2 milions de viatgers en els trams Madrid-Saragossa i Saragossa-Barcelona, i una de 6 milions entre Madrid-Barcelona (total 10 milions de passatgers al corredor), la línia seria compatible amb la rendibilitat social. Com s'ha vist abans, aquestes dades són un 100% més altes que les dades reals.

6.6. ESTUDI DEL CORREDOR SUD (MADRID-SEVILLA-MÀLAGA)

L'estudi d'una part d'aquest corredor (tram Madrid-Sevilla) es recull en l'article titulat "*Análisis Coste-Beneficio del Tren de Alta Velocidad en España*" de Giner de Rus i Vicente Inglada (1993). Metodològicament es tracta d'una anàlisi Cost-Benefici clàssic, que planteja l'avaluació dels costos del projecte, diferenciant-los entre costos de construcció, explotació i ús. Després s'extreu el benefici a partir de l'estalvi de costos generalitzats pels usuaris derivats de l'estalvi de temps de viatge. Té algunes particularitats a destacar:

- La demanda és perfectament coneguda, ja que l'estudi és a posteriori, tant en els afectes quantitius com en els econòmics (volum de trànsit i preus pagats), com en la distribució intermodal del viatger, i defineix una pauta a seguir en el futur.
- El valor del temps pel viatger és la principal variable de referència a l'hora de comptabilitzar l'estalvi de costos. En l'estudi es calcula aquest valor mitjançant enquestes, que seria interessant estudiar amb més profunditat quins van ser els resultats, i comparar-ho amb valoracions estàndard obtingudes per enquestes fetes per l'Administració en altres obres. És àmpliament conegut que és en els beneficis que es deriven dels estalvis de temps i del valor d'aquest, on es justifiquen quantitativament la construcció de noves infraestructures.

Per la seva banda, el tram posat en funcionament més tard (Córdoba-Málaga), va ser objecte d'estudi per un seguit d'economistes andalusos, que van realitzar un estudi anomenat "*Análisis socioeconómico línea de AV Córdoba-Málaga*". Com s'ha vist aquest estudi va ser anterior a la construcció de la línia, i per tant s'ha pogut comparar els resultats pronosticats per aquell estudi i les dades reals actuals.

6.7. ESTUDI DEL CORREDOR EST-MEDITERRANI (MADRID-VALÈNCIA)

La línia que connecta Madrid amb València per alta velocitat va ser estudiada per diferents professors de la Universitat de Cantàbria (Coto-Millán et al., 2012) que van realitzar l'article "*Rentabilidad social de las inversiones públicas: análisis Coste Beneficio del AVE Madrid-Valencia*", un cop inaugurada ja la línia.

La metodologia que fan servir és la de la valoració del benefici social utilitzant l'anàlisi cost-benefici. Així comptabilitzant els costos i els beneficis que aporta aquesta infraestructura conclouen que el benefici social és negatiu, ja que els costos socials i econòmics superen als beneficis. Tot i equivocar-se en l'anàlisi de la demanda de viatgers com s'ha vist anteriorment, no es van equivocar en el resultat final, el qual afirmava que la rendibilitat del projecte seria negativa. És més, al ser una infraestructura infrautilitzada si es tornés a fer l'estudi amb la demanda real, la rendibilitat encara seria més baixa.

L'estudi sobre com ha canviat la intermodalitat en aquest corredor després de la incorporació del TAV com a nou mode de transport, en perjudici de l'avió i el cotxe, es mostra en l'article "*Análisis de los datos de tráfico del primer año de explotación de la línea de alta velocidad de Madrid a Valencia*" realitzat per la investigadora *Judith Fernández* de la FFE. On també s'analitza la diferència de tràfics del primer any amb els que s'havien calculat anteriorment a la posada en funcionament de la línia.

7. PROPOSTA D'UN NOU ENFOCAMENT

El que es proposa en aquest nou capítol és una nova manera de fer, de prendre les decisions i donar les eines d'avaluació per a projectes d'infraestructures d'aquestes característiques. Com s'ha vist, el Ministeri de Foment segueix una política fortament inversora, amb una escassa rendibilitat socioeconòmica i poc coherent amb una perspectiva de desenvolupament sostenible. La finalitat d'aquest apartat és donar un nou punt de vista sobre el sistema d'avaluació actual i demostrar que ara mateix la influència real de les eines d'anàlisi cost-benefici és molt modesta dins dels criteris de decisió. Per fer que les polítiques de transport siguin més coherents vers la rendibilitat econòmica i social, s'ha d'exigir una major influència d'aquestes eines, i sobretot, una revisió profunda del sistema a l'hora de prendre decisions. Uns quants exemples serien: la incorporació d'instruments lligats a l'avaluació estratègica en les fases inicials de planificació, un major accés de la societat a la informació sobre els projectes d'avaluació i un esforç de transparència i obertura per part del govern executor. Així doncs, es plantejaran un conjunt de sistemes d'avaluació i presa de decisions, així com el paper que hauria de tenir l'anàlisi cost-benefici en aquest nou marc.

7.1. AVALUACIÓ DE PROJECTES I PRESA DE DECISIONS

L'avaluació econòmica d'un projecte té per objectiu identificar i quantificar quina és la contribució d'aquest al benestar de la societat. L'existència d'un clar cost d'oportunitat dels recursos exigeix que s'examini amb determinació si la societat obtindria amb el projecte un benefici superior del que tindria amb una altra inversió.

L'avaluació del transport d'alta velocitat s'ha de mirar des de dos punts de vista interrelacionats:

- 1) Efectivitat (base tècnica): utilitza els recursos productius dels que la societat disposa per moure les persones entre diferents llocs.
- 2) Eficiència (base socioeconòmica): assigna els recursos de manera que les persones que formen part d'aquesta societat tinguin el màxim benestar possible.

És a partir d'aquests dos punts que s'ha d'avaluar un projecte, analitzant-lo tant des del punt de vista tècnic com de l'econòmic i social.

7.1.1. Eines d'avaluació

Tots els projectes de transport comparteixen una característica comuna: quan es destinen recursos per la seva execució, a la vegada, s'està renunciant a altres beneficis que es podrien haver generat invertint aquells recursos en altres necessitats (cost d'oportunitat). Tenint en compte que els recursos disponibles en una societat són limitats, és evident que s'han de comparar els beneficis socials d'un projecte de transport amb els que s'esperen obtenir d'aquest amb el seu cost d'oportunitat. Així doncs, si els beneficis socials d'un projecte són majors que si la societat optés per la millor alternativa disponible, llavors es pot afirmar que aquest projecte contribueix al creixement del benestar social.

L'avaluació no només és útil abans de l'execució (*ex ante*), sinó també durant la construcció (*in media res*) i un cop ja finalitzada (*ex post*). En els dos últims casos, no es tracta de paraitzar el projecte sinó de plantejar una modificació si és que es tenen noves informacions que poden millorar el resultat final, o s'extreuen lliçons que poden influir en el resultat d'altres projectes futurs, respectivament.

Com s'ha vist anteriorment, l'anàlisi cost-benefici (ACB) és l'eina tècnica més utilitzada i fiable a nivell internacional per l'avaluació de projectes d'infraestructures de transport, i per tant, la que s'hauria de continuar utilitzant de forma més activa per part de qualsevol govern o organisme executor de nous projectes.

Tot seguit, es proposa un esquema de 4 punts resumits, no gens fàcils de resoldre, sobre les fases del procés d'avaluació d'un projecte d'infraestructures com l'alta velocitat:

- 1) Definició del projecte: ha de donar resposta al problema de transport a resoldre i el que necessita la societat per solucionar-lo.
- 2) Anàlisi d'alternatives: quina manera és la més eficient i efectiva de solucionar el problema plantejat.
- 3) Anàlisi cost-benefici (ACB) i ambiental: Identificació, quantificació i valoració dels costos i beneficis socials i ambientals generats per la construcció del projecte.
- 4) Valoració de resultats: interpretació de l'ACB, criteris de decisió i conclusions.

7.1.2. Predicció de la demanda

Convé fer esment a un dels punts més importants per a l'avaluació de projectes de transport: la predicció de la demanda. Ja s'ha vist anteriorment les maneres de calcular-la i estimar-la. Ara es veuran quines eines s'utilitzen per als casos on el TAV té excés de capacitat:

- Reducció de preus: és una solució viable a curt termini, ja que incrementa el nivell d'ocupació (augmentant o no els ingressos depenen de l'elasticitat de la demanda).
- Fomentar el creixement de la demanda mitjançant incentius o mecanismes: publicitat, descomptes impositius, increment del preus de mitjans de transport alternatius, etc. encara que no sempre resulta possible ni desitjable.

Aquestes eines són les que ja fa servir el govern d'Espanya i RENFE per incrementar la demanda del TAV, sobretot en aquelles zones on n'hi ha menys.

El model de demanda estimat ha de permetre distingir entre el trànsit existent abans de la inversió i el trànsit induït per aquesta. El trànsit induït inclou el desviat d'altres modes de transport o rutes, a més de la generació de nous viatges com a conseqüència de la reducció de costos derivats de la inversió. El trànsit desviat s'obté directament del model d'elecció modal. Respecte a la generació de nous viatges, és difícil distingir entre els viatges derivats del creixement econòmic i aquells que en resulten de la reducció del cost generalitzat. És imprescindible, per tant, una bona elecció del model de generació, que contempli tant els factors econòmics i demogràfics, com el cost generalitzat del mode de transport (temps, preu i qualitat).

En qualsevol cas, l'avaluació ha de contenir una bona predicció de la demanda, i això requereix tenir coneixement de les principals tècniques i models de predicció de demanda, i adequar-les cada cop al projecte en qüestió. A més a més, no es pot oblidar que s'ha d'incloure una certa incertesa en aquests càlculs, ja que és necessari predir la seva evolució al llarg de la vida del projecte, i com s'ha comprovat anteriorment, l'estimació de la demanda no és una ciència exacte.

7.1.3. Criteris de decisió

Moltes vegades s'ha vist com els criteris que s'han fet servir per invertir en determinats llocs eren polítics, i no s'ha mirat l'eficiència o l'efectivitat de la inversió. L'ús de l'anàlisi cost-benefici no pot estar adulterat per segons quines són les fonts o els autors de l'estudi. Qui la de fer és un altre punt d'aquesta anàlisi, ja que el mateix govern pot crear informes favorables o desfavorables segons li interressi. Tot i això, s'ha de tenir present que l'ACB en les fases inicials de planificació perd un cert realisme, sobretot si les actuacions a fer són innovadores o es treballa en un entorn particularment complex. Per altra banda, ofereix informació útil per comparar entre alternatives o variants dins d'un mateix projecte, sempre en una decisió ben acotada i definida. Això ens condueix a l'evidència de que l'aplicació d'aquesta eina pot justificar solucions poc consistents, així com posar-se al servei de la justificació d'una actuació prèviament decidida.

És aquí on entrarien els organismes tècnics i econòmics independents. Estudiosos i planificadors del transport i del territori, agrupats en un comitè independent del govern, que tinguessin un reconeixement notable en el camp de l'avaluació socioeconòmica, i que no tinguessin cap vincle amb l'administració central, constructores o agents socials participants. Creant els mecanismes de diàleg suficients per treballar i discutir el projecte conjuntament amb aquests, haurien d'arribar a una conclusió sobre els projectes que s'han de dur a terme, tenint una gran influència sobre les decisions del govern en matèria de grans inversions en infraestructures. Així es podrien aconseguir uns estudis fiables, objectius i més acurats a la realitat socioeconòmica del país, ja que ara mateix regna l'opacitat, els casos de corrupció i la influència de les constructores sobre les diferents administracions.

La història ens demostra que la política d'ordenació del territori s'ha fet des d'una mirada homogeneïtzadora, en comptes de centrar-se en potenciar les singularitats de cada territori, i s'ha fet del transport (en aquests moments el TAV) el mecanisme fonamental d'homogeneïtzació. S'ignoren per tant, altres mesures complementàries necessàries pel desenvolupament regional, que derivarien en saber les necessitats de transport de cada territori en concret, i no al revés, ja que no s'ha trobat implicació directa del transport d'alta velocitat en el desenvolupament regional, comparant-ho amb si es fes la mateixa inversió en una altra activitat o alternativa.

Des d'una perspectiva funcional, tant el Ministeri de Foment com les Comunitats Autònomes, haurien de canviar els seus plantejaments a l'hora d'efectuar tals inversions, i donar accés a la societat a més informació sobre els projectes. Ara mateix el grau de transparència i d'obertura del govern és molt baix. Costa informar-se sobre tals inversions, i sobretot, sobre les avaluacions fetes prèviament pel Govern, que en el cas que se n'hagin fet són de difícil excés. Per altra banda, els agents socials haurien de tenir més presència i pes a l'hora de participar, debatre i dialogar sobre aquest tipus de projectes amb l'administració central, com a representants dels afectats sobre el territori, i en definitiva, per tenir un major control sobre el que es fa amb el diner públic que pertany a tota la societat.

7.2. AVALUACIÓ ECONÒMICA

L'avaluació econòmica ha estat tradicionalment limitada a Espanya a la comparació d'alternatives i a l'estudi d'impacte ambiental, i en canvi, no s'ha fet servir per descartar aquells projectes insostenibles dins del sistema de planificació.

És per això que convindria seguir el model alemany, que utilitza 3 tipus d'avaluació: la socioeconòmica, l'ambiental i la territorial. Aquestes avaluacions permeten descartar aquells projectes que són clarament inadequats (per exemple, perquè presenten una taxa interna de retorn (TIR) insuficient o per afectar fortament zones ambientals amb una protecció elevada).

Un altre model a seguir seria el del Regne Unit, on l'avaluació socioeconòmica està més consolidada i on tenen una major influència en la presa de decisions (*ITF, 2008*). A França per la seva banda, aquest tipus d'avaluació ha aconseguit un desenvolupament important, i cada vegada més, és té més en consideració el desenvolupament sostenible en la política sectorial del transport.

7.2.1. Estalvi i valor del temps de viatge

La millora en els temps de viatge i en les condicions de fiabilitat i confort, comporten uns beneficis que s'han d'avaluar monetàriament. És aquí on entra la dificultat d'avaluar en diners el temps d'estalvi i les condicions de viatge, ja que existeix una enorme variabilitat en les preferències i característiques de cada viatger.

La importància dels estalvis de temps en els projectes d'inversió en infraestructures de transport com les LAV, justifiquen que es faci un esforç d'investigació en l'estimació dels valors del temps, per diferents motius de viatge i modes de transport, que permetin millorar l'avaluació social dels projectes de transport. A través d'enquestes i d'estudis anuals, s'hauria de comptabilitzar quin és el valor del temps segons la gent quan viatja. Aquesta avaluació hauria de permetre distingir entre els tipus de viatge (oci, estudis o treball) i el mode de transport, per poder fer una comparativa, i a la vegada, tenir unes dades actualitzades que permetrien ajustar i fer més acurat el càlcul dels beneficis per estalvi del temps de viatge per a les avaluacions de projectes de transport.

Hi ha una evidència disponible sobre com canvia el valor del temps amb el pas del temps: el valor del temps augmenta en la mesura que ho fa la renda per càpita, i això es manté durant la vida del projecte.

Pel càlcul del valor de petits estalvis de temps, se suposa que aquest valor creix de forma lineal amb el tamany de l'estalvi: a major tamany d'estalvi, més valor d'aquest estalvi. D'aquesta manera s'utilitza el mateix valor d'estalvi tant per estalvis petits com per grans. També s'hauria de considerar la variació del valor del temps de viatge al llarg del temps, ja que aquest no es mantindrà constant, en una societat que busca cada cop més anar més ràpida. Aquesta variació segons alguns estudis podria ser del 2% anual acumulatiu.

8. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

En aquest últim apartat es mostraran les conclusions i recomanacions a que s'ha arribat després d'analitzar tots els capítols de la tesina. En el primer punt es detallaran les conclusions sobre la construcció de les LAV, les metodologies que es fan servir i les experiències disponibles. En el següent punt i últim, es veuran les recomanacions que proposo seguir de cara el futur, les quals es basen en els capítols d'anàlisi crítica i les propostes del nou enfocament, tot esperant que sigui una eina per reflexionar i reformar l'actual model establert en les polítiques d'avaluació de les noves infraestructures de transport.

8.1. CONCLUSIONS

1) La construcció d'una LAV comporta una gran inversió de recursos públics per part del govern d'un país. Per tant, es generen uns costos molt elevats i importants que s'han de tenir en compte: planificació i preparació del terreny, construcció de la infraestructura, superestructura ferroviària, manteniment, operació, amortització, cicle de vida, externs i sobre costos. En aquest cas són costos amb un valor monetari relativament fàcil de calcular si es fa una bona planificació del projecte.

El cost de la construcció d'una LAV depèn de molts factors tant geogràfics com socials de cada país i projecte. A Espanya els costos van des dels 5,9 M€/km de la línia Madrid-Sevilla als 18,6 M€/km de la línia Madrid-Valladolid.

El cost no només és de construcció sinó que cada any s'ha de fer un manteniment de la infraestructura que generalment és de 33.000€/Km segons les condicions de cada projecte. Amb els quilòmetres de via que hi ha ara operatius (2.144 km), el manteniment d'aquestes línies costa de mitjana 140 M€/any.

2) La construcció d'una LAV també comporta beneficis, però que són més difícils de calcular i donar-li un valor monetari. La partida de beneficis ve donada majoritàriament per: estalvis de temps, major capacitat i demanda, reducció d'externalitats, trànsit generat i beneficis econòmics addicionals.

Les noves LAV ofereixen una reducció en el temps de viatge molt significativa. En un trajecte de 250km estàndard, un TAV cobriria el trajecte en 1 hora, mentre que un tren convencional ho faria en 2,5 hores. En les línies operatives la reducció de temps supera el 50% en la majoria de casos.

El valor del temps s'ha calculat en diferents estudis segons modes de transport i motiu de viatge, oscil·lant entre els 3,38€/h-8,34€/h si es va en cotxe per oci i 16€/h si és per motius de negocis; 4€/h si es va a peu o 14,17€/h si es va en avió. Estudis anglesos donen valor al temps dels passatgers que van en tren, i segons el motiu de viatge són: 3,8€/h si és per oci, 4,3€/h si és per treball o 34,1€/h per motius de negoci.

3) La metodologia més utilitzada en l'àmbit de l'avaluació de projectes de transport, i conseqüentment en les LAV, és l'anàlisi cost-benefici (ACB). A partir de la predicció de la demanda, l'estimació dels costos i dels beneficis, es pot saber si un projecte és viable econòmicament o no. Per fer-ho s'han de calcular dos valors que no s'escapen de certa dificultat: el VAN i la TIR.

Aquest model presenta alguns avantatges: ofereix informació útil per comparar entre alternatives o variants dins d'un mateix projecte, sempre en una decisió ben acotada i definida; i inconvenients: en les fases inicials de planificació perd un cert realisme, sobretot si les actuacions a fer són innovadores o es treballa en un entorn particularment complex. No obstant això, és el més usat pels experts a nivell internacional.

4) Existeixen un seguit d'incerteses que realment fan que avaluar econòmicament una LAV sigui molt difícil. Les principals fonts d'incertesa associades a l'avaluació de projectes de transports són:

1. La incertesa del projecte: vinculada a l'existència d'imprevistos que afecten al flux de beneficis i costos. Així pot passar, que la demanda sigui inferior a la prevista inicialment (deguda a diversos efectes: crisi, mala predicció, etc.), o que els preus dels *in-puts* (petroli, salaris, etc.) variïn segons una taxa diferent a la que s'havia estimat. Aquesta incertesa pot ser *interna* al projecte (les dificultats que es presenten sobre el terreny fan augmentar els costos de l'obra) o *externa* (una vaga general o catàstrofes naturals). En ambdós casos, aquesta font d'incertesa resulta molt difícil de calcular.
2. La incertesa en l'avaluació: relacionada amb la informació disponible sobre determinats paràmetres necessaris per realitzar l'avaluació (valor del temps, paràmetres de demanda, costos o beneficis socials, etc.) i que fins i tot, està present encara que no existeixi la incertesa del projecte.

5) Totes les avaluacions econòmiques analitzades utilitzen el mètode de l'anàlisi cost-benefici, i la majoria d'elles demostren que les LAV espanyoles no cobreixen els costos totals que genera l'alta velocitat ferroviària. Comparativament amb altres països d'Europa i del món, Espanya és un dels països que més quilòmetres operatius té de LAV i menys passatgers les utilitzen, produint-se així una infrautilització de la infraestructura.

En l'avaluació del corredor Nord-Est (Madrid-Saragossa-Barcelona) es demostra que la demanda necessària perquè la línia sigui rendible econòmicament supera a la del corredor en l'actualitat, on s'argumenta que una demanda baixa com l'actual provoca beneficis insuficients, que no cobreixen la totalitat dels costos. L'alternativa considerada passaria per invertir en trens convencionals i transport aeri.

L'ACB realitzat en el tram Madrid-Sevilla conclou que la introducció de l'alta velocitat a Espanya l'any 1987 no estava justificada econòmicament en base a l'eficiència econòmica. En canvi, el tram Madrid-Córdoba-Màlaga analitzat per economistes andalusos conclou en el seu estudi que el TAV seria rendible amb una TIR superior al 10%.

I per últim, l'estudi del corredor Est-Mediterrani (Madrid-València) constata que els costos socials i econòmics superen els beneficis, i per tant, el VAN és negatiu, cosa que significa que el projecte no és rendible en l'any calculat (2011).

Per poder fer una valoració a fons sobre l'avaluació d'aquests projectes, faltaria realitzar estudis posteriors per saber si realment els pronòstics que es van fer s'han complert al llarg del temps.

6) Els errors en la predicció de la demanda (sobreestimació) i en l'evolució de l'economia a llarg termini (difícil de predir) són molt comuns en l'avaluació de projectes de transport. La rendibilitat econòmica és molt sensible al volum de demanda i a com evoluciona l'economia d'un país, i per tant, aquests errors tenen una gran incidència en

la rendibilitat d'aquests.

7) Els agents governamentals associen l'èxit de la seva gestió en base a l'execució de nous projectes i obres, però no a l'eficiència i efectivitat d'aquests. Això està vinculat a la falta d'informació i transparència que existeix a l'hora d'analitzar les inversions en projectes de transport, ja que els pocs estudis que s'han fet han demostrat que en la majoria de projectes hi ha una manca de rendibilitat econòmica absoluta, cosa que no beneficia les administracions públiques que sempre busquen legitimar la seva actuació.

8.2. RECOMANACIONS

1) El sistema d'avaluació de projectes s'hauria de basar en dos principis bàsics: efectivitat (base tècnica) i eficiència (base socioeconòmica).

2) Realitzar l'avaluació abans de l'execució (*ex ante*), durant (*in media res*) i un cop ja finalitzada (*ex post*), per plantejar una modificació si és que es tenen noves informacions que poden millorar el resultat final, o s'extreuen lliçons que poden influir en el resultat d'altres projectes futurs, respectivament.

3) Fases del procés d'avaluació d'un projecte d'infraestructures com l'alta velocitat: definició del projecte, anàlisi d'alternatives, ACB i ambiental, i finalment, valoració de resultats.

4) L'avaluació ha de tenir una bona predicció de la demanda, cosa que requereix tenir un coneixement de les tècniques i models d'estimació, i adequar-les cada cop al projecte en qüestió. A part d'això, s'hauria d'incloure una certa incertesa en el càlculs per no sobreestimar-la, ja que aquestes prediccions mai són exactes.

5) Creació d'un nou model en la presa de decisions: més transparent, tècnic i racional, no tant polític, on es prioritzi l'eficiència i l'efectivitat dels projectes, començant per aquells amb més beneficis socials per a la societat. Aquest model estaria representat per organismes tècnics i econòmics independents, estudiosos i planificadors del transport i del territori, agrupats en un comitè independent de l'administració central, constructores o agents socials participants. Així es podrien aconseguir uns estudis fiables, objectius i més acurats a la realitat socioeconòmica del país, ja que ara mateix regna l'opacitat, els casos de corrupció i la influència de les constructores sobre les diferents administracions. Per tot això, caldria que el Govern donés accés a la societat a més informació desagregada sobre les inversions en aquest tipus de projectes de transport.

6) Seguir models ja existents en altres països com Alemanya, França o el Regne Unit, on les avaluacions socioeconòmiques estan més desenvolupades i tenen més influència en la presa de decisions.

7) Investigar els valors del temps dels passatgers per millorar l'avaluació dels projectes

de transport. A través d'enquestes i d'estudis anuals, s'hauria de comptabilitzar quin és el valor del temps segons la gent quan viatja. Aquesta avaluació hauria de permetre distingir entre els tipus de viatge (oci, estudis o treball) i el mode de transport, per poder fer una comparativa, i a la vegada, es tindrien unes dades actualitzades que permetrien ajustar i fer més acurat el càlcul dels beneficis per estalvi del temps de viatge, que en el cas de l'alta velocitat són els més importants.

9. Referències bibliogràfiques

- [1] ADIF (2010): *Memoria Económica. Ejercicio 2009, 2010*. Madrid: Adif.
- [2] ÁLVAREZ, I. (2012): *Estrategia para el mantenimiento de una LAV durante 20 años*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- [3] APARICIO, A. (2010): *La toma de decisiones en la política española de transporte: aportación y limitaciones de la evaluaciones de proyectos*. Cuadernos económicos de ICE (n.80).
- [4] BACHILLER, A. et al. (2006): *Consideraciones sobre los efectos socioeconómicos de las líneas de alta velocidad*. CENIT.
- [5] BARREIRO, J. (2011): *Sobre la rentabilidad social y económica de las líneas de alta velocidad ferroviaria*. 360. Revista de alta velocidad (n.1).
- [6] BEL, G. (2010): *La racionalización de las infraestructuras de transporte en España*. Cuadernos económicos de ICE (n.80).
- [7] BETANCOR, O. i CAMPOS, J. (2010): *Problemas en la práctica de la evaluación económica de proyectos de transporte*. Cuadernos económicos de ICE (n.80).
- [8] CAMPOS, J. et al. (2009): *El transporte ferroviario de alta velocidad. Una visión económica*. Fundación BBVA.
- [9] CARIDE, M. i GONZÁLEZ, X. (2002): *ACB de la conexión Galicia-Madrid con un servicio ferroviario de Alta Velocidad*. Universida de de Vigo.
- [10] COTO P. et al. (2009): *La importancia de la Alta Velocidad sobre el desarrollo de las regiones. ACB del AVE Santander-Madrid*. Universidad de Cantabria.
- [11] COTO P. et al. (2011): *Rentabilidad social de las inversiones públicas: anàlisis Coste Beneficio del AVE Madrid-Valencia*. Universidad de Cantabria.
- [12] DE RUS, G. (2010): *Presentación: la evaluación económica de infraestructuras de transporte*. Cuadernos económicos de ICE (n.80).
- [13] DE RUS, G. (2010): *Principios económicos de la evaluación de proyectos*. INECO. Seminario sobre evaluación económica de proyectos de transporte.
- [14] DE RUS, G. i INGLADA, V. (1993): *Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España*. Revista de Economía Aplicada, 3 (Vol. 1), Pàg: 27-48.
- [15] DE RUS, G. i NASH, C. (2009): *¿En qué circunstancias está justificado invertir en*

líneas de alta velocidad ferroviaria? Fundación BBVA.

[16] DE RUS, G. i ROMÁN, C. (2006): *Análisis económico de la línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona*. Revista De Economía Aplicada, 42 (Vol. XIV), Pàg: 35-79.

[17] DE RUS, G. et al. (2006): *Manual de Evaluación de Proyectos de Transporte*. Banco Interamericano de Desarrollo.

[18] Estadísticas de transporte del Ministerio de Fomento.

[19] FERNÁNDEZ, F. i VÁZQUEZ, J. (2012): *Costes de las líneas de alta velocidad internalizados en la contabilidad del administrador de infraestructuras*. 360. Revista de alta velocidad (n.2).

[20] FERNÁNDEZ, J. (2012): *Análisis de los datos del primer año de explotación de la línea de alta velocidad de Madrid a Valencia*. 360. Revista de alta velocidad (n.2).

[21] Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

[22] GONZÁLEZ, M. et al. (2010): *La predicción de la demanda en evaluación de proyectos*. Cuadernos económicos de ICE (n.80).

[23] HERNÁNDEZ, A. (2012): *Beneficios sociales de la alta velocidad ferroviaria: el papel de los accidentes y la congestión*. Càtedra Pasqual Maragall.

[24] <http://www.datosmacro.com>

[25] http://www.ferropedia.es/wiki/Tráficos_corredores.

[26] IGLESIAS, C., et al. (2010): *La predicción de la demanda en la evaluación de proyectos: aspectos prácticos*. INECO. Seminario sobre evaluación económica de proyectos de transporte.

[27] INFRAS/IWW (2000): *External Costs of Transport, Zúrich/Karlsruhe*.

[28] INGLADA, V. (2003): *Reflexiones sobre la rentabilidad social del ferrocarril: el caso español*. Universidad Carlos III.

[29] INSTITUTE FOR TRANSPORT STUDIES (2003): *Values of Travel Time Saving in the UK*. University of Leeds, Institute for Transport Studies.

[30] JARO, L. (2011): *La aportación de valor de los viajeros captados por la alta velocidad a la carretera*. 360. Revista de alta velocidad (n.1).

[31] LÓPEZ, J. (2012): *Cómo la alta velocidad ha hecho posible el desarrollo de una industria ferroviaria exportadora nacional (I). El caso del material rodante*. 360. Revista de alta velocidad (n.2).

[32] Memorias anuales Renfe.

[33] MINISTERIO DE FOMENTO (2010): *Manual de Evaluación Económica de Proyectos de Transporte. CEDEX.*

[34] OLAVARRI, R. i DÍAZ, P. (1995): *Las inversiones ferroviarias y el análisis económico.* Universidad de La Coruña.

[35] RAMOS, R. (2012): *Alta velocidad ¿Oportunidad o amenaza para las ciudades pequeñas?* Revista de alta velocidad (n.2).

[36] ROMO, E. (2011): *La importancia de la velocidad en el ferrocarril.* Revista de alta velocidad (n.1).

[37] SALADO, J. (2010): *“Estudio de los costes totales, incluyendo externalidades, del AVE. Aplicación al caso Barcelona-Madrid y comparación con otros modos de transporte”.*

[38] UIC. (2005). *Estimation des Ressources et des Activités Économiques Liées a la Grande Vitesse. UIC 2005b.* Union Internationale des Chemins de fer.

[39] VAN ESSEN et al. (2003): *The Enviromental Perfomance of the Principal Modes of Freight and Passenger Transport in the Policy-Making Contest.* Delft.