Concepció i execució de la xarxa ferroviària europea d'alta velocitat del segle XXI

La línia Barcelona-frontera francesa contribució a la xarxa europea d'alta velocitat

Andrés López Pita

PROFESSOR DOCTOR ENGINYER.
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERS DE CAMINS, CANALS I PORTS
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Les informacions que recull aquest article es corresponen bàsicament amb el contingut de la conferència pronunciada pel mateix autor en el marc de les jornades sobre la Concepció i Realització de la Xarxa Ferroviària Europea d'alta velocitat del segle XXI, organitzades pel CEIFICI a París el novembre proppassat.

1. Antecedents

La construcció d'una línia ferroviària nova entre Barcelona i Perpinyà, amb l'ample de via anomenat "europeu" i destinada al trànsit de gran velocitat, és, sens dubte, un dels projectes més interessants des del punt de vista tècnic, econòmic i social, que permetrà modificar, de manera profunda, les relacions internacionals actuals entre la Península i la resta d'Europa.

Les limitacions que el traçat actual presenta per a poder oferir uns nivells de qualitat comparables als d'uns altres itineraris internacionals han estat, tradicionalment, incrementades pel fet que, a una banda i a l'altra de la frontera pirinenca, es mantingués un ample de via diferent.

Crec que puc afirmar que, sense l'arribada del tren de gran velocitat comercial, aquest anacronisme tècnic hauria quedat probablement com una constant històrica molt difícil de modificar, afavorida per l'argument següent: "de cara als temps de recorregut, que són un factor molt important en el cas de trajectes amb sortida de Barcelona i arribada a les principals destinacions europees, la pèrdua de temps en fer el transbordament a la frontera representa molt poca cosa, per no dir res, si deixem de banda la comoditat"

L'inici de l'explotació comercial de serveis ferroviaris amb velocitats màximes de 260/270 km/h i comercials al voltant dels 200 km/h, ha permès establir serveis sense interrupció cap a la frontera, amb grans reduccions de temps si ho comparem amb la situació existent, no fa ni vint anys, a la connexió Barcelona-Perpinyà.

L'èxit obtingut en tots els aspectes amb la nova línia París-Lió ha representat per la Generalitat de Catalunya el punt de partida per a assolir, mitjançant la realització dels estudis tècnics i econòmics corresponents, la materialització pràctica d'una nova etapa de les relacions internacionals ferroviàries des de i cap a Catalunya i, per tant, i en particular, en les connexions amb tota la Mediterrània espanyola.

Ja fa cinc anys que els Ferrocarrils de la Generalitat van emprendre els primers estudis encaminats, en un principi, a trobar la solució més bona per a millorar els serveis internacionals i, més endavant, una vegada trobada, demostrar que calia fer-ho en el termini més breu possible. El quadre 1 sintetitza la tasca feta des d'aquell llunyà octubre de 1985, quan les dificultats per avançar en aquest camp semblaven difícilment superables.

Mentrestant, i com ja és sabut, el govern espanyol va decidir el desembre de 1988 la construcció, amb caràcter prioritari, d'un nou eix ferroviari de gran velocitat i amb ample internacional al llarg del corredor Sevilla-Madrid-Barcelona-frontera francesa. A aquesta decisió van contribuir, sens dubte, els estudis de viabilitat tècnica i d'interès econòmic fets a Catalunya per al tram Barcelona-frontera francesa.

Una vegada es van acabar aquests estudis, els Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya van procedir durant el període 1988-89 a redactar l'avantprojecte de la línia Barcelona-frontera francesa.

Els resultats encoratjadors obtinguts tant en el pla tècnic com en l'econòmic en relació amb l'interès d'aquest nou enllaç, van conduir, a final de l'any passat, a establir un acord entre l'Administració central de l'Estat espanyol i la Generalitat de Catalunya.

Aquest acord feia constar que la Generalitat de Catalunya, mitjançant l'equip tècnic dels Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, s'encarregaria de la redacció del projecte constructiu per tal de poder disposar, en el termini més breu possible, de tots els elements que permetessin de fixar el calendari d'execució de la línia nova i el sistema previst per a la seva construcció i explotació, incloent-hi el finançament corresponent.

Aquest article té com a finalitat presentar les característiques principals d'aquesta nova línia i especificar l'estat en què es troben els estudis.

Quadre 1

Estudis tècnics i econòmics principals efectuats sobre la llista Barcelona-frontera francesa

Període	Estudi efectuat	Conclusions principals
1985-1986	Estudi de viabilitat d'una connexió ferroviària d'ample internacional entre la frontera francesa i Barcelona.	La construcció d'una nova línia destinada al trànsit de gran velocitat amb ample internacional entre Barcelona i la frontera francesa constitueix l'única opció tècnica i econòmica vàlida (en comparació amb les solucions basades en la utilització d'una tercera via o en la millora del traçat que ja hi ha) per a la modificació de les relacions internacionals per ferrocarril, en la perspectiva del desenvolupament de la gran velocitat i de la integració europea.
1987	Avaluació de l'interès comunitari en una connexió ferroviària d'ample internacional entre la frontera francesa i Barcelona.	L'aplicació del sistema TASC de la D6VII de la CE ha permès de demostrar l'interès comunitari de la nova línia Barcelona-frontera francesa i la seva rendibilitat (segons l'opinió comunitària), superior a la mitjana de les altres relacions europees.
1988-1989	Avantprojecte de la nova línia Barcelona-frontera francesa	Definició d'un traçat per a la nova línia a escala 1:5.000. Reserva dels terrenys necessaris per a la seva construcció. Avaluació de la rendibilitat financera de la línia (al voltant d'un 10%).
1989-1990	Projecte constructiu de la línia Barcelona-frontera francesa	Establiment exacte, a escala 1:1.000, del traçat de la línia. Confirmació dels estudis de trànsit i econòmics efectuats en el marc de l'avantprojecte.

2. Aspectes tècnics

2.1. Condicions essencials

L'anàlisi dels fluxos de trànsit que hi ha a través de la frontera terrestre de Catalunya amb França mostra (vegeu el quadre 2) la poca participació del ferrocarril en el mercat del transport internacional

Quadre 2

Flux de trànsit a la frontera oriental (1988)

TRÀNSIT DE PASSATGERS (10^6)			TRÀNSIT DE MERCADERIES (10^6)t		
Carretera	20,6	84%	Carretera	9,2	80%
Avió	2,6	10%	Ferrocarril/carretera	0,8	7%
Ferrocarril	1,4	6%	Ferrocarril	1,5	13%
TOTAL	24,6	100%	TOTAL	11,5	100%

Pel que fa al trànsit de viatgers, la concepció de la nova línia amb estàndards geomètrics que permetran assolir els 300 km/h es configura com una exigència natural per a obtenir el màxim de profit de les execucions previstes per la banda francesa i poder, d'aquesta manera, incrementar sensiblement la taxa de participació del ferrocarril en aquest sector del mercat.

Pel que fa al trànsit de mercaderies, la decisió d'incloure'l o no en la nova línia ha comportat algunes reflexions:

1a El fet de continuar les operacions de transbordament o de canvi d'eixos a la frontera de Portbou/Cerbère com a única opció per al transport internacional de mercaderies per ferrocarril, no evitaria l'increment progressiu del trànsit per carretera.

2a La presència de productes caducs com els llegums, o l'abastament de matèries primeres a indústries que treballen sense estocs, aconsellava de facilitar l'obertura de la nova línia a un cert flux de mercaderies.

Contra aquesta decisió, hi havia els problemes següents:

a) Els problemes tècnics que comporta la coexistència dels trens de gran velocitat amb trens de mercaderies convencionals.

b) La incidència sobre el cost de la línia del fet d'adoptar els pendents més suaus per tal de facilitar el trànsit de mercaderies.

En una primera fase dels estudis, es va decidir de prendre en consideració la possibilitat tècnica del pas de trens de mercaderies, adoptant un pendent màxim de 12%, i d'efectuar paral·lelament una sèrie d'anàlisis per tal de saber el mercat potencial que podria atreure la nova línia.

L'aplicació dels models corresponents de demanda de transport de mercaderies, molt inspirats en els sistemes de previsió del trànsit de viatgers, va permetre de fixar que la nova línia atreuria un volum de transport al voltant dels 2,5 milions de tones els primers

anys després de la seva obertura, que s'havia previst per cap a la meitat d'aquesta dècada.

Des del punt de vista de l'explotació, vam considerar càrregues màximes transportades per tren al voltant de les 900 t, molt lluny de les 1.200 o 1.500 tones que podem trobar en altres recorreguts.

Paral·lelament als estudis de previsió de trànsit, vam efectuar els treballs necessaris per a definir el traçat, verificant que la reducció màxima del cost en el moviment de terres s'aconseguís amb un pendent de 20%. En efecte, si elevàvem el pendent fins a un 30 o 50%, les reduccions en les inversions aportades eren poc apreciables perquè l'orografia té, en aquest cas, un paper de limitadora de les reduccions que podríem teòricament imaginar.

D'una altra banda, i a efectes de la compatibilitat necessària de peralt entre els trens ràpids de viatgers i els més lents de mercaderies, hem establert per aquests darrers una velocitat de circulació de 160 km/h. La presència d'un pendent com el que hem indicat anteriorment (20%) sobre una longitud màxima d'1,5 km comportaria una pèrdua de velocitat per a les combinacions amb una càrrega de 900 t amb màquines modernes de tipus Sybic o similar que no els impediria, tanmateix, d'arribar al cim de la corba per sobre els 140 km/h.

Per tant, vam triar el criteri de pendent màxim de 20% que no afectava el nivell d'inversió en relació amb pendents més grans i que no excloïa la possibilitat d'oferir, a la nova línia, un servei de molt bona qualitat per al transport de certes mercaderies.

Pel que fa al traçat sobre terreny pla, la necessitat de preveure radis de revolt el més amples possibles perquè poguessin tenir en compte, no només les possibilitats tècniques ofertes actualment per la tecnologia, sinó també les que previsiblement poden ser assolides en un termini de 15 a 20 anys, estava limitada per la manca d'espai físic per a construir una nova infrastructura ter-

Quadre 3

Adaptació del traçat a les possibilitats del material

P.K. línia nova	Velocitat possible segons el traçat	Velocitat que el material pot assolir
0 a 750 m	60	60
750 a 1.150 m	90	90
1.150 a 2.450 m	110	110
2.450 a 5.550 m	140	115 a 140
5.550 a 7.050 m	200	140 a 180
7.050 a 8.650 m	230	180 a 200
8.650 a 11.450 m	270	200 a 220

* Tenint en compte els pendents del traçat

restre sobre el corredor Barcelona-la Jonquera, on conflueixen ja actualment l'autopista A-17, la carretera nacional II i la línia ferroviària Barcelona-Porbou. Aquestes limitacions són encara més restrictives a les proximitats i a l'entrada de Barcelona.

Per a fer un esquema òptim, van unir (vegeu el quadre 3) les prestacions de les unitats de TGV pel que fa a acceleració i temps necessari per a assolir la velocitat màxima de circulació, amb la geografia física de cada zona, intentant de no encarir la inversió econòmica.

mentades, i tenint en compte els condicionaments relatius a l'impacte sobre el medi ambient, vam acabar un traçat (vegeu la figura 1) caracteritzat per les prestacions que indica el quadre 4.

Un dels trams que ha estat objecte d'una atenció més gran ha estat el pas dels Pirineus. L'estudi de viabilitat (1986) permetia de delimitar tres zones de travessia possible de la serralada pirinenca (vegeu la figura 2).

La definició del traçat de nova línia entre Barcelona i la frontera

Quadre 4

Velocitats màximes de la nova línia Barcelona-frontera francesa

P.K.	Radi mínim (m)	Velocitat màxima prevista (km/h)	Observacions
0 a 6.7	550 a 2.500	200	
6.7 a 8.7	3.200	220	Túnel de Montcada. S= 62 m²
8.7 a 16.7	3.200	270	
16.7 a 24.2	3.500	270	Túnel de Montornés. S= 90 m²
24.2 a 61.7	4.000	300	Túnel de Sant Celoni. S= 90 m²
61.7 a 85.7	4.500	300	
85.7 a 89.7	3.200	270	Zona de pas obligat per l'orografia.
89.7 a 94.2	4.000	300	
94.2 a 140	6.000	300	
140 a 145	5.000	300	Túnel dels Pirineus. S= 90 m²

Arribem d'aquesta manera a un traçat amb les característiques que indiquem a l'apartat següent.

2.2. Elecció del traçat en el marc de l'avantprojecte

A partir de les limitacions ja es-

francesa es va fer partint el total del corredor que es prenia com a referència (pas a les rodalies de Girona i Figueres) en quatre trams d'una longitud d'uns 30 km.

El darrer tenia com origen Camallera (vegeu la figura 2) i acabava a la ciutat francesa d'Elna, que

Figura 1

havia estat considerada, en un primer estudi, com a punt de trobada possible amb la xarxa ferroviària francesa.

Aquesta tria, efectuada a començament de 1986, es basava en la constatació de les dificultats geomètriques del traçat ferroviari que hi havia entre Elna i Cervere on la velocitat màxima practicable (100/120 km/h de punta) seria incompatible amb la prevista per a la línia nova (300 km/h).

Prenent com a punts geogràfics fixos aquestes dues ciutats (Camallera i Elna), es van estudiar tres possibilitats de pas a través dels Pirineus, (vegeu la figura 2).

La primera allargava l'autopista A-7, passava prop de la Jonquera i travessava la frontera per dos túnels quasi continus d'uns 8 km de longitud total. Després, passava prop del Voló, circulava seguint el riu Tec i acabava a Elna.

La segona era el traçat més curt entre Figueres i Elna. Després de Cantallops, es travessaven els Pirineus per un túnel d'una longitud total de 10,3 km. Aquesta solució significava travessar el parc Natural de les Alberes, encara que de manera subterrània.

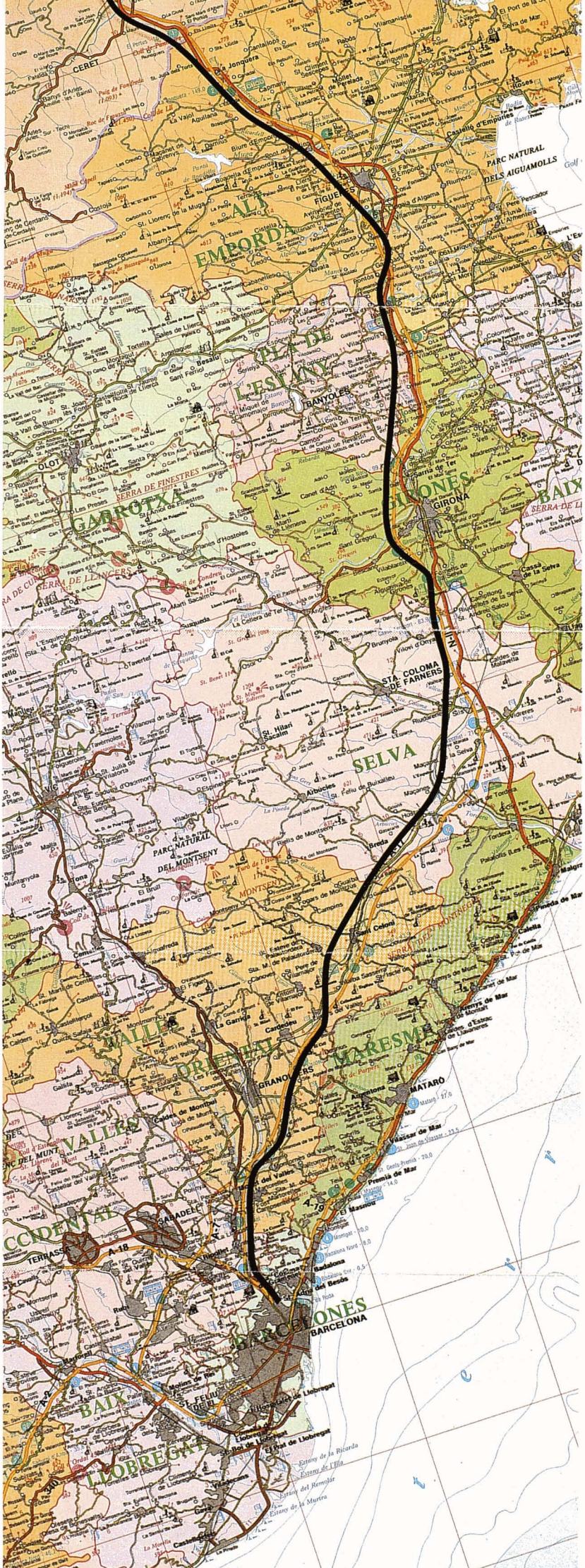
La tercera, amb la longitud més gran, seguia un recorregut proper al del corredor de la línia actual. Aquesta opció comporta un seguit de túnels d'una longitud total d'uns 12 km.

En totes les opcions, es va considerar un pendent màxim de de 12,5%.

Des del punt de vista econòmic, la tria d'una solució o d'una altra depenia del cost indicat per al conjunt del tram (Camallera-Elna) al quadre 5.

Com ja hem indicat, l'estudi de viabilitat considerava com a possibles tres punts de pas dels Pirineus.

Un dels primers objectius de l'avantprojecte va ser l'elecció de la solució més adequada per travessar la cadena muntanyosa esmentada.



Quadre 5

Variació relativa del cost econòmic de les possibilitats analitzades

Possibilitats	Índex relatiu del cost
1r (Al costat de l'autopista)	100
2n (A través Les Alberes)	100
3r (Pas per Portbou)	125

Es va fer una anàlisi comparada entre els traçats A i B, ja que, de fet, havíem relegat el traçat C bàsicament a causa de la seva longitud, cost i impacte greu sobre el medi ambient.

En relació amb el traçat A, cal remarcar que una optimització, feta a l'etapa de l'estudi de viabilitat, va permetre de trobar una solució de pas dels Pirineus mitjançant un únic túnel de 5,9 km de longitud (1.100 m a Catalunya i 4.800 a França).

El quadre 6 mostra alguns factors que van ser tinguts en compte a l'hora de fer la comparació entre les magnituds de cadascun dels traçats. A més dels indicadors que consten en el quadre 6, es van tenir en compte els aspectes relatius al medi ambient, a l'oferta comercial, als riscos del projecte i a la integració a la xarxa francesa de gran velocitat.

Pel que fa al medi ambient, cal assenyalar que el traçat A era el més convenient ja que seguia infrastructures ja fetes (autopista N-II, etc), i d'aquesta manera, no creava una nova barrera.

Pel que fa als riscos del projecte, vam tenir en compte la dificultat tècnica i financera més gran del traçat B, ja que aquest incloïa la construcció d'un túnel de 12 km de longitud. A més, el traçat A permetia efectuar un atac intermedi.

La decisió final va ser conservar el traçat A com a zona de pas dels Pirineus.

Actualment, i des del punt de vista de l'execució del projecte constructiu, el punt exacte de pas dels Pirineus, sempre dins el tram definit pel traçat A ja indicat, encara no s'ha confirmat, i cal tenir en compte alguns problemes geotècnics que hi ha al costat francès que podrien aconsellar desplaçar alguns centenars de metres el traçat previst inicialment.

Cal remarcar la realització, de manera simultània amb el traçat, de l'estudi d'impacte sobre el medi ambient de la línia, per tal de procedir a l'elaboració del Pla Especial que permetrà efectuar la reserva necessària de terrenys. Actualment, aquest punt ja està resolt, cosa que permet de manera pràctica la construcció ràpida d'aquesta nova línia. Podem observar que les mesures de protecció del medi ambient que han estat tingudes en compte en l'avantprojecte representen una despesa de 7.000 MPTA, és a dir, un 9% de la inversió total en infrastructura i superestructura.

Quadre 6

Anàlisi comparativa de les alternatives A i B del pas dels Pirineus

Indicador	Alternativa A La Jonquera/Le Boulou	Alternativa B Les Alberes
Longitud (Km)	5.900 m	11.920 m
Cobertura	Màxima 240 m Entre 40 i 100 m 2/3 del Túnel	Màxima 1.100 m
Termini probable d'execució	31 mesos	45 mesos
Termini d'execució possible amb un atac intermedi	25 mesos	
Cost relatiu total previst	1	1,78

Quadre 7

Temps de recorregut des de Barcelona cap a la meitat i final d'aquesta dècada

Enllaç	Temps actual	Temps possible cap a la meitat de la dècada dels 90	Temps possible al final de la dècada dels 90
Barcelona-Perpignan	3h 00'	45'	45'
Barcelona-Paris	9h 35'	4h 30'	4h 30'
Barcelona-Marseille	6h 30'	2h 30'	2h 30'
Barcelona-Lyon	7h 40'	3h 05'	3h 00'
Barcelona-Londres	19h 50'	7h 30'	6h 55'
Barcelona-Francfort	21h 35'	8h 40'	6h 50'
Barcelona- Genève	9h 50'	5h 05'	5h 00'
Barcelona- Bruxelles	14h 10'	5h 50'	5h 50'
Barcelona-Milan	13h 05'	8h 20'	4h 35'

* A títol indicatiu, intentem agrupar les execucions previstes per al període 1995-1997

3. Previsions de trànsit i estudis econòmics

Els fluxos de trànsit que actualment utilitzen el ferrocarril com a mitjà de transport a través la frontera oriental franco-espanyola són, com ja hem indicat al quadre 2, quasi 1,4 milions de viatgers per any, i 1,5 milions de tones/any.

L'execució de la nova línia entre Barcelona i Perpinyà permetrà, per una banda, al trànsit de viatgers, de reduir significativament el temps de recorregut entre les dues ciutats, passant de les 3 hores actuals als 45 minuts aproximadament quan es posi en servei; per una altra banda, pel que fa al trànsit de mercaderies, es podrà suprimir totalment la ruptura de càrrega

a la frontera amb reduccions importants del temps de transport.

Aquest fet i la construcció de noves línies de gran velocitat a l'altra banda dels Pirineus permetran, en un futur ben proper, oferir serveis ferroviaris internacionals de qualitat que atreuran usuaris que normalment utilitzen uns altres mitjans de transport, i comportaran un increment dels viatges.

És evident que el termini temporal per a materialitzar l'oferta final dependrà del ritme d'execució de cada línia nova en els diferents països on s'han previst, però en qualsevol cas, el quadre 7 ofereix una visió concreta de les possibilitats que cal esperar es pugui disposar cap a la meitat d'aquesta dècada i al final, sense que això tingui per objecte de precisar un calendari encara no establert.

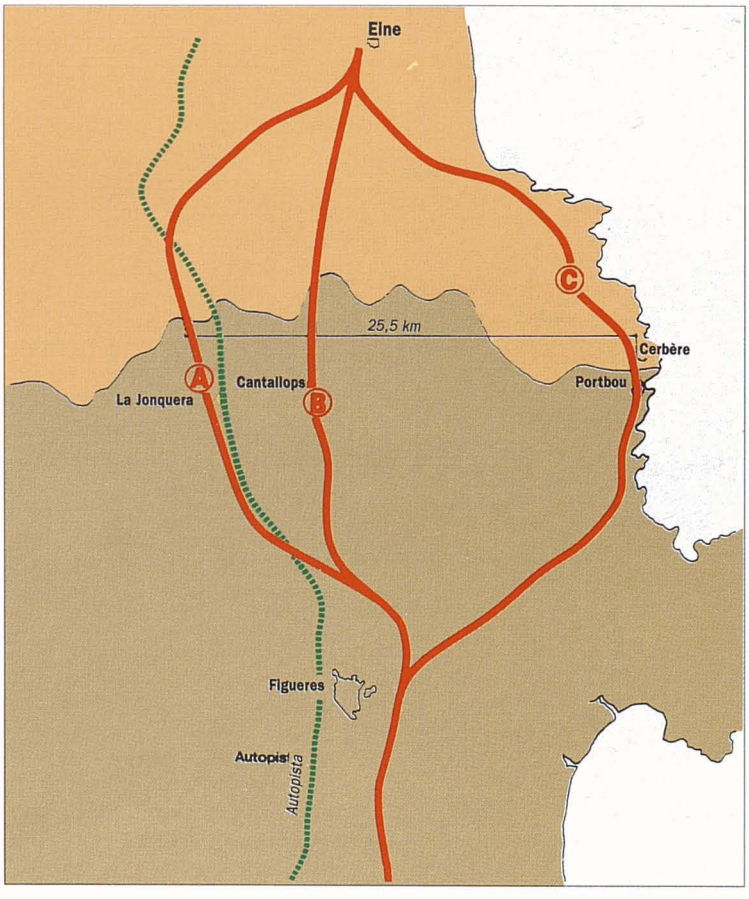
Pel que fa al trànsit de mercaderies que utilitzaran la nova línia fins a l'enllaç amb la xarxa clàssica francesa i fins al de les altres xarxes europees, les previsions pel que fa a temps de transport són indicades al quadre 8.

Quadre 8

Durada del transport de mercaderies prevista amb la línia nova

Enllaç	Durada per carretera	Durada futura
Barcelona-Paris	1 dia	13 hores
Barcelona-Londres	2 dies	37 hores
Barcelona-Francfort	2 dies	25h 30'
Barcelona-Milan	1 1/2 dies	13 hores

Figura 2
Tractats alternatius de pas dels Pirineus que s'han tingut en compte a l'Estudi de viabilitat



A partir d'aquests nivells de qualitat de servei, les previsions del trànsit que podria circular quan s'exploti comercialment la línia Barcelona-frontera francesa, ens porten als resultats següents:

TRÀNSIT PREVIST PER A LA LÍNIA NOVA
TRÀNSIT DE VIATGERS 5,2 milions de viatgers/any 68 trens6dia (en les dues direccions)
TRÀNSIT DE MERCADERIES 2,5 milions de tones/any 16 trens/dia (en les dues direccions)
TRÀNSIT TOTAL 84 trens/dia (en els dos sentits)

Per acabar, es pot dir que la rendibilitat d'aquesta línia se situa a l'entorn del 9%.

4. Conclusions

La construcció d'una nova línia entre Barcelona i la frontera francesa forma part del procés de desenvolupament de les relacions per ferrocarril previst en el marc de la decisió presa pel govern espanyol el desembre de 1988, de fer un nou corredor ferroviari sobre l'eix Sevilla-Madrid-Barcelona-frontera francesa.

Els estudis necessaris per a construir el tram Barcelona-frontera francesa van començar l'any 1985. Per una altra banda, ja s'han acabat les anàlisis de viabilitat (1985), les d'interès comunitari (1987) i l'avantprojecte (APS 1989). Actualment, treballem en el projecte de construcció del traçat, i es preveu que s'acabarà el desembre de 1990.

Els resultats positius obtinguts en el camp econòmic, com també la reserva de terrenys que ja s'ha fet, permeten de preveure una decisió ràpida pel que fa al calendari de la seva execució i a la data d'inici de l'explotació comercial de la línia.

A. L. □