

B3. Transport

Francesc Robusté

Director de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona
Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori
Universitat Politècnica de Catalunya

Carles Casas Esplugas

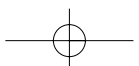
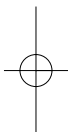
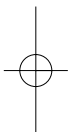
Enginyer de Camins, Canals i Ports de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Francesc Robusté (Barcelona, 1959) és doctor Enginyer de Camins, Canals i Ports per la Universitat Politècnica de Catalunya (any 1989), *Ph.D.* en Enginyeria (1988), *Master of Science* en Investigació Operativa (1987) i *Master of Engineering* en Transport (1986) per la Universitat de Califòrnia a Berkeley. Actualment és catedràtic de Transport de la UPC, director de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, director del Laboratori d'Anàlisi i Modelització del Transport (LAMOT) de la UPC, sots-director i secretari del Consell de Govern del Centre d'Innovació del Transport (CENIT), director de la Càtedra Abertis de gestió d'infraestructures del transport i membre del Consell Editorial de la revista internacional *Transportation Research* (1992-2000).

És autor de 40 llibres i capítols de llibre, de 30 articles en revistes, de 60 ponències en congressos internacionals i de 60 ponències en congressos estatals, així com de 13 manuals tècnics, que sumen en total més de 200 elements de producció científica. Té aprovats els sexennis de productivitat investigadora 1987-92 i 1993-98. Ha dirigit 8 tesis doctorals i 50 tesines de graduació. Ha rebut diversos premis per articles (1988), en concursos internacionals d'idees (1993), a la innovació tecnològica (1994) i per la direcció de tesis doctorals (1995) i tesines de graduació (1999). És membre avaluador de l'agència de qualitat ANECA i representant espanyol a l'OCDE-CEMT. És director i autor de més de 150 projectes professionals de transferència de tecnologia, recerca i consultoria en les àrees de logística, transport públic, aeroports i gestió del trànsit.

Carles Casas Esplugas és Enginyer de Camins Canals i Ports per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). Realitzà part dels seus estudis d'enginyeria a l'*École Nationale des Ponts et Chaussées* (ENPC). S'incorporà al CENIT, Centre d'Innovació del Transport, com a investigador l'any 2001 després d'haver treballat a l'SNCF i al Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya.

Ha obtingut el Diploma d'Estudis Avançats en Enginyeria i Infraestructura del Transport, i actualment es troba en la darrera fase de realització de la seva tesi doctoral en el programa de doctorat en Enginyeria Civil de la UPC. Ha publicat diversos articles en congressos nacionals i internacionals, i ha complementat la seva formació amb diversos cursos de postgrau en els àmbits del transport ferroviari, l'impacte sonor de les infraestructures, la modelització del transport i el transport aeri.



Síntesi	311
B3.1. Introducció	313
B3.2. Aspectes ambientals i energètics del transport	313
B3.3. Tipus i usos de l'energia	314
B3.3.1. Emissions contaminants	315
B3.3.2. Iniciatives internacionals	316
B3.3.3. Innovació tecnològica i fonts d'energia alternatives	319
B3.3.3.1. L'energia elèctrica	320
B3.3.3.2. Gas natural comprimit (GNC)	321
B3.3.3.3. Biocarburants	322
B3.3.3.4. L'ús de biocarburants en motors dièsel	322
B3.3.3.5. Piles de combustible (H ₂)	324
B3.3.3.6. Gas natural líquid (GNL)	324
B3.3.3.7. Aire comprimit	325
B3.3.3.8. Energia electrosolar	326
B3.3.4. Aspectes legals	326
B3.4. El transport a Catalunya	328
B3.4.1. Consum	328
B3.4.2. El transport metropolità	328
B3.4.3. El transport local: la ciutat de Barcelona	329
B3.4.3.1. La mobilitat a Barcelona	329
B3.4.3.2. Desplaçaments a peu i en bici	332

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

B3.4.3.3. El transport públic	332
B3.4.3.4. El vehicle privat	332
B3.5. La mobilitat sostenible	334
Referències bibliogràfiques	337

Síntesi

Els efectes totals en el canvi climàtic generats pel transport venen donats pels vehicles-km necessaris per satisfer una demanda de mobilitat dins una regió espacial i les seves emissions. A banda de la distància i del nombre de vehicles, els efectes també depenen de l'ocupació del vehicle, de l'espectre tecnològic i de l'eficiència energètica del vehicle, així com dels efectes unitaris sobre el canvi climàtic que provoquen.

Malgrat l'evolució positiva de l'eficiència energètica dels vehicles i de la reducció dels efectes unitaris negatius en termes de canvi climàtic, malauradament les distàncies han augmentat (*commuting*), les ocupacions mitjanes han disminuït i la mobilitat global augmenta un 50% per sobre de l'increment del PIB. La contribució mitjana dels modes de transport a les emissions de CO₂ a la UE és del 55,4% pel que fa al vehicle privat, del 22,7% per als camions, del 10,9% per l'aviació, del 2,8% per als trens de viatgers, de l'1,6% per als autobusos i autocars i de l'1,1% per als trens de mercaderies.

En el context català, el 74% de les mercaderies es transporten per carretera, un 4% per ferrocarril i un 22% per via marítima (participació en augment en forma de *short sea shipping*). A Catalunya, el consum energètic del transport ha augmentat al llarg de la darrera dècada, fins a convertir-se en el principal sector consumidor (38,5%), amb un increment del 86,4% en el període 1980-1997 (en el mateix període la indústria va augmentar el 5,8% el seu consum, mentre que el sector domèstic i de serveis ho va fer en un 50,5%).

La mateixa Unió Europea preveu que tant els trànsits de mercaderies (en tones/km) com el de viatgers (en viatgers/km) creixin sostingudament durant aquesta dècada. De fet, tant el sector domèstic com el de subministrament d'elec-

tricitat, la indústria, l'agricultura, els serveis i els residus s'estabilitzen o bé redueixen les seves emissions de gasos amb efecte d'hivernacle en el període 1990-2010, a excepció del transport, que puja un 35%.

Només la introducció massiva de les piles d'hidrogen es presenta com una alternativa energètica avantatjosa en un termini mitjà (un decenni). El canvi tecnològic en els vehicles està lligat a la seva amortització: una nova tecnologia s'introduiria amb una corba de penetració de mercat que assoliria la seva quota natural d'equilibri (definida pels pros i contres quant a confort i cost de la nova tecnologia) al llarg dels quinze anys de la vida útil d'un turisme.

En un termini curt i mitjà (horitzó 2020) només és factible contemplar l'escenari d'estancament de les emissions que provoquen el canvi climàtic: si es produeix un canvi d'energia cap a les piles d'hidrogen, es podrà acomodar més mobilitat amb les mateixes emissions. Si aquest canvi tecnològic és més lent, segurament s'implantaran mesures d'augment d'ocupació, tarifació, etc. que desvincularan els efectes del canvi climàtic a la proporcionalitat d'augment dels vehicles/km de la mobilitat.

En el cas de les mercaderies, les noves pràctiques logístiques del *just-in-time*, *zero stock*, lliuraments en finestres temporals, etc., valoren la qualitat del servei per sobre dels costos del transport. De fet, moltes vegades s'ofereix un transport gratuït com a eina comercial. Les centrals de mercaderies (CIM), en un àmbit regional o metropolità, i les plataformes logístiques, en un àmbit urbà, tenen efectes favorables per a la societat i àdhuc per als usuaris.

En l'àmbit de les mercaderies, els escenaris de millora de la situació en l'horitzó 2020 tampoc

són gaire optimistes malgrat els recents passos vers la regulació del transport interurbà de mercaderies per carretera (cànon per ús de la carretera) i de l'urbà (control de la càrrega i descàrrega amb temps màxim d'estacionament). A més, també cal tenir cautela respecte als resultats pràctics que l'actual acció afirmativa envers els modes ferroviaris pugui tenir per al transport de mercaderies: malgrat que la mesura és políticament correcta, no és obvi que el transvasament modal que es pugui aconseguir de forma natural sigui rendible socialment àdhuc emprant una comptabilitat ecològica.

En síntesi, el transport públic col·lectiu de qualitat es planteja com a salvaguarda estratègica de la sostenibilitat i de l'eco-mobilitat, malgrat que els modes de transport «sostenibles» amb prou feines mantindran la seva participació actual. Els plans d'infraestructures (carreteres, ferrocarrils, ports, aeroports, CIM, Pla d'Infraestructures de Transport del Ministerio de Fomento, Pla Director d'Infraestructures de Transport Col·lectiu de l'ATM, etc.), les millores tecnològiques (menys emissions i emissions amb efectes més reduïts en relació amb el canvi climàtic) i els canvis d'energia (piles d'hidrogen) proporcionaran oxigen, però no significaran canvis radicals en els efectes creixents del transport en el canvi climàtic d'origen antròpic.

De no imposar-se mesures radicals (tarifàries, de limitació d'ús de les infraestructures, sobre la generació i atracció de la mobilitat, sobre la distribució espacial dels viatges o sobre les preferències naturals de modes o de rutes, el que implicaria canviar radicalment els costos generalitzats del transport i la seva percepció), les inversions planificades i en execució no faran més que absorbir l'escreix de l'increment de la mobilitat, amb un efecte net encara creixent.

La majoria de les grans inversions en sistemes ferroviaris o tindran poca demanda (TAV, sistemes guiats lleugers al camp de Tarragona) o alleugeraran problemes de congestió (solapament d'operacions de viatgers amb mercaderies) o bé presenten efectes redistributius espacials i efectes xarxa que consolida demanda del propi sistema de transport col·lectiu, amb limitats efectes de canvi modal (L9 de metro).

En l'escenari actual, i a curt termini, es pot afirmar que, malauradament, els compromisos de Kyoto sobre emissions del sector transport (darrerament s'estan prenent decisions polítiques per ajustar les emissions de la indústria), més voluntaristes que realistes, no són viables en aquesta dècada.

B3.1. Introducció

Un sistema de transport eficient i flexible és essencial per al funcionament correcte de l'economia i per al manteniment d'una bona qualitat de vida. Tanmateix, el sistema de transport actual presenta amenaces significatives i creixents envers el medi ambient i la salut humana i, fins i tot, afecta negativament els seus propis objectius. Com diu l'expressió, «massa tràfic mata el trànsit».

A l'Europa occidental, tant el transport de mercaderies com el de viatgers s'han més que doblat des de l'any 1970. Els increments més importants s'han produït en el transport per carretera i en l'aviació. Aquesta tendència creixent, que continua, juntament amb la constatació que el sector del transport és un dels principals emissors de gasos amb efecte d'hivernacle (bàsicament CO₂) com a conseqüència, principalment, de l'ús de combustibles fòssils, ha provocat una reacció tant per part de la societat com de les institucions. Així, els darrers anys s'han impulsat mesures i promogut iniciatives amb l'objectiu de disminuir l'impacte ambiental i social del transport, tant de viatgers com de mercaderies.

En aquesta línia s'han definit els principis de la *mobilitat sostenible*, que en essència tracten de promoure una mobilitat que proporcioni accés a béns i serveis de forma eficient per a tots els habitants, que protegeixi el medi ambient, el patrimoni cultural i l'ecosistema de les generacions

actuals, i que no comprometi les possibilitats de les generacions futures de gaudir, com a mínim, de la mateixa qualitat de vida que ha tingut la generació present (incloent-hi el medi ambient i el patrimoni cultural).

Així, les polítiques de transport reconeixen cada vegada més la necessitat d'acotar el creixement d'aquest sector i d'incrementar les quotes de mercat d'alguns dels mitjans de transport més respectuosos amb el seu entorn. Una tarificació justa i eficient, una selecció acurada de les inversions, així com la planificació del territori, són algunes de les eines que poden ajudar a assolir aquests objectius.

B3.2. Aspectes ambientals i energètics del transport

El transport és un dels sectors amb més creixement a escala mundial. En el conjunt de la Unió Europea, el transport de mercaderies es va incrementar en un 33% durant el període 1991-99 (cal destacar que el transport de mercaderies per carretera va experimentar un augment del 44%). En el mateix període, el total del transport de viatgers a la Unió Europea (en cotxe, autobusos i autocars, ferrocarril i avió, tant en vols nacionals com internacionals) es va incrementar en un 19%, bàsicament a causa d'un increment del 15% en el transport en cotxe i d'un 97% de creixement en l'ús de l'avió. Les figures B3.1 i B3.2 mostren, gràficament, aquesta evolució.

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

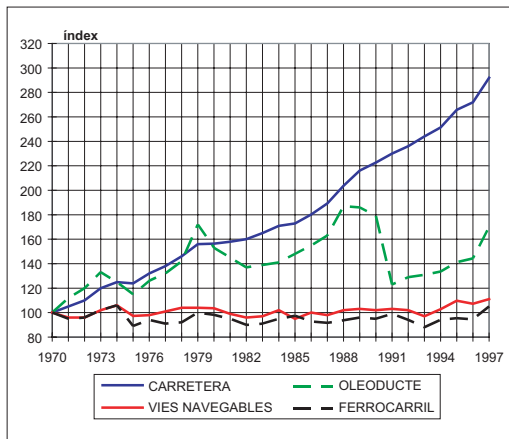


Figura B3.1. Evolució del transport de mercaderies a la Unió Europea en el període 1970-1998 (en t/km).
Font: Unió Europea.

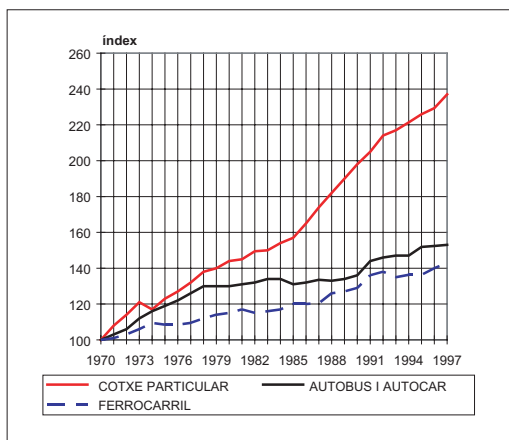


Figura B3.2. Evolució del transport de passatgers a la Unió Europea (en passatgers/km).
Font: Unió Europea.

Les previsions de la Unió Europea per al període 1998-2010 indiquen un increment d'un 38% en el transport de mercaderies i d'un 24% en el de viatgers a l'Europa occidental. Aquests increments expliquen que el sector del transport sigui el que més està creixent com a consumidor d'energia i productor de gasos amb efecte d'hivernacle a la Unió Europea. Les millores tecnològiques i en els carburants han comportat descensos significatius en l'emissió de certs contaminants. Tot i això, la qualitat de l'aire a la majoria de ciutats europees és, encara, ben pobre.

A l'hora de parlar de transport i de mobilitat cal distingir diversos àmbits, modes i tipus de transport. *Àmbits* fa referència a urbana, metropolitana, interurbana, etc. *Modes de transport* significa: carretera, ferrocarril, transport marítim, transport aeri i transport no motoritzat (vianants i bicicletes). Finalment, quan es parla de *tipus de transport* es fa referència al transport privat i al transport públic. En àmbit urbà i metropolitana, aquest darrer es separa entre transport públic col·lectiu (autobús, metro, tramvia, ferrocarril de rodalies) i transport públic individual (taxi).

La importància de la diferenciació entre modes queda palesa a la taula B3.1, que mostra l'estimació de les emissions específiques de CO₂ a la Unió Europea.

B3.3. Tipus i usos de l'energia

A Europa occidental, el transport és el segon sector en consum d'energia, essent responsable d'un 35% del total de l'energia consumida l'any 1999¹ i, a causa de la seva quasi total dependència dels combustibles fòssils, també és un dels principals sectors en emissions de CO₂.

L'energia consumida pel transport experimenta un creixement aproximat d'un 2,2% anual i l'any 1999 va assolir els 350 milions de tones de petroli equivalent. En conseqüència, les emissions de CO₂ atribuïbles al transport també han crescut, i han allunyant la Unió Europea del compliment dels compromisos del Protocol de Kyoto.

Tot i que l'increment del tràfic per carretera és una de les causes principals de l'augment en el consum d'energia (figura B3.4), també són destacables els augments en els altres modes de transport i, especialment, en l'aviació (figura B3.5). A la Unió Europea, l'energia consumida pel transport aeri va créixer més d'un 50% entre 1990 i 1999. Així, l'avió és el mitjà de transport

1. Aquest càlcul inclou l'energia consumida per transport per canoana i marítim (si no s'hi incloguessin el percentatge seria del 32%).

que presenta un creixement més important en el consum d'energia, amb un 8% anual.

La despesa energètica també ha crescut de forma significativa en el transport marítim, però el seu ritme de creixement s'ha desaccelerat des de 1997. L'ús de l'energia en el ferrocarril també ha anat augmentant gradualment (un 14% en el període 1990-99).

B3.3.1. Emissions contaminants

Els principals impactes ambientals directes del transport són la contaminació atmosfèrica i la contaminació acústica (es calcula que el transport pot arribar a ser el causant del 80% del soroll ambiental en zones urbanes.) La influència del transport en el canvi climàtic ve donada per la quantitat i els tipus de gasos que emet a l'atmosfera. A continuació es detallen els diferents aspectes de la contaminació atmosfèrica provocada pel transport.

La combustió d'hidrocarburs dels combustibles utilitzats, bàsicament gasolina i gasoil, amb l'oxigen i nitrogen de l'aire, provoquen l'emissió de gasos contaminants i partícules en suspensió (figura B3.6). Els òxids de nitrogen (NO_x), el monòxid de carboni (CO), els compostos orgànics volàtils (COV), el diòxid de sofre (SO₂) i les partícules sòlides en suspensió (PST) són els principals contaminants d'efecte local i, per tant, els principals responsables de la contaminació atmosfèrica a les ciutats. El diòxid de carboni (CO₂), el metà (CH₄) i l'òxid nitrós (N₂O) són els principals responsables de l'efecte d'hivernacle i tenen, per tant, una repercussió a escala global (figures B3.7 i B3.8).

El **diòxid de carboni (CO₂)** és el gas que, per la seva concentració atmosfèrica, té una contribució més important a l'efecte d'hivernacle, que fa que percentualment contribueixi en un 55% al canvi climàtic. En el transport, es genera si la combustió dels hidrocarburs és completa, així com per oxidació del CO o dels COV si la combustió és incompleta.

Transport de viatgers	Grams de CO ₂ /viatger-km
Cotxes particulars	125
Autocars	45
Transport ferroviari	65
Transport aeri	200
Transport de mercaderies	Grams de CO ₂ /tn-km
Transport per carretera	190
Transport ferroviari	30
Navegació interior	30
Transport marítim	2

Taula B3.1. Estimació de les emissions específiques de CO₂ a la Unió Europea (any 1998)
Font: Comissió Europea.

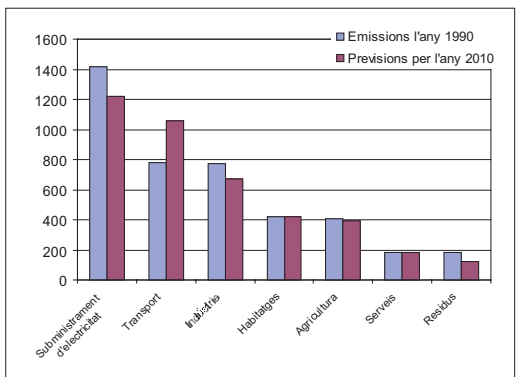


Figura B3.3. Distribució de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a la Unió Europea, per sectors.
Font: Unió Europea.

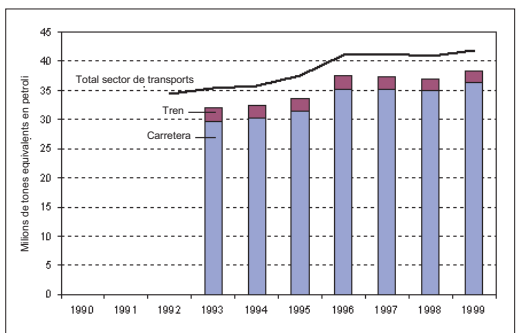


Figura B3.4. Evolució del consum d'energia en el sector del transport a la Unió Europea (període 1993-1999).
Font: elaboració pròpia.

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

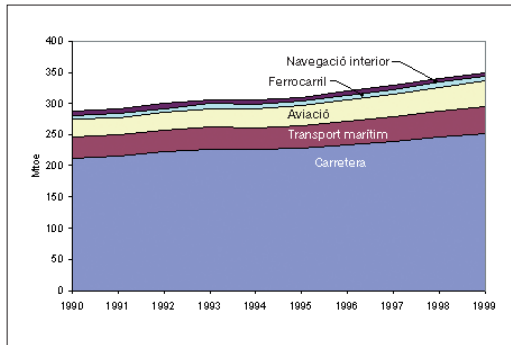


Figura B3.5. Evolució del consum d'energia en els diversos mitjans de transport a la Unió Europea (període 1990-1999).
Font: elaboració pròpia.

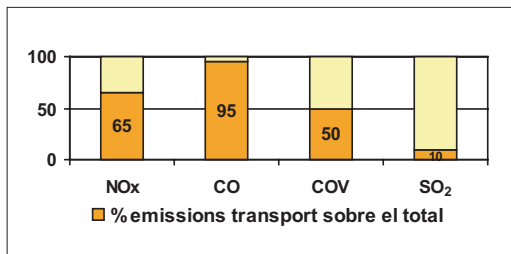


Figura B3.6. Aportació del transport a les emissions en medi urbà.
Font: MOPT (1993) i Departament Medi Ambient, Generalitat de Catalunya (2000).

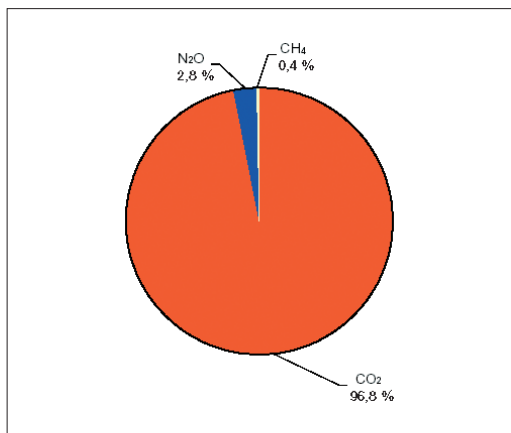


Figura B3.7. Contribució de les emissions del transport a l'efecte d'hivernacle, per gasos (any 2000).
Font: EEA, 2002a.

A la Unió Europea les emissions de CO₂ atribuïbles al transport van créixer un 36% en el període 1985-1995 i aquest darrer any, el 1995, representaven un 25% del total. Tal i com mostra la figura B3.9, la contribució del sector del transport a l'efecte d'hivernacle és, precisament, a través d'aquest gas, com ho indica el fet que l'any 1990 el transport ja era responsable d'entre un 85 i un 90% de les emissions d'aquest gas (un 50-55% procedent dels cotxes i el 35-40% restant del transport de mercaderies).

El metà (CH₄) també contribueix a l'efecte d'hivernacle, però la reducció de les seves emissions és més fàcil ja que el seu temps de residència a l'atmosfera és més curt (12 anys) i, a més, pot ser utilitzat com a font d'energia alternativa. El seu potencial d'escalfament global del planeta és de l'ordre de 20-25 (el CO₂ és el gas de referència amb un potencial d'escalfament 1). La contribució del sector transports a les emissions de metà és, però, poc significativa.

L'òxid nítrós (N₂O) és el tercer dels principals gasos causants de l'efecte d'hivernacle. La seva concentració a l'atmosfera és baixa, però té un poder d'escalfament global 230 vegades més gran que el CO₂. Contràriament al que passa amb la majoria de gasos (NOx, CO, COV), els nivells d'emissió de N₂O del gasoil són més alts que els de la gasolina.

Els hidrofluorcarburs (HCFC), perfluorcarburs (PFC) i l'hexafluorur de sofre (SF₆) també tenen una contribució al canvi climàtic, però la seva aportació és molt menys significativa i, a més, el seu origen és bàsicament industrial.

B3.3.2. Iniciatives internacionals

A la Conferència de les Nacions Unides sobre el Medi Humà, celebrada a la ciutat d'Estocolm l'any 1972, es plantejà per primer cop la necessitat d'un desenvolupament que fos respectuós amb el medi ambient, i s'adoptà, entre d'altres, el compromís de prendre mesures per reduir les emissions de gasos contaminants a l'atmosfera

en tots els sectors econòmics, inclòs el transport. Des d'aleshores la qüestió ambiental ha anat adquirint una importància creixent i ha estat objecte de moltes cimeres d'àmbit internacional. Entre totes elles, i pel seu especial interès pel que fa a la lluita contra el canvi climàtic d'origen antròpic, a continuació es destaquen les següents: la *Conferència Mundial sobre Medi Ambient i Desenvolupament* (celebrada a Rio de Janeiro l'any 1992), la *3a Conferència de les Parts del Conveni Marc de les Nacions Unides pel Canvi Climàtic* (celebrada a Kyoto l'any 1997) i la *4a Conferència de les Parts* (celebrada a Buenos Aires l'any 1998).

A la Conferència de les Nacions Unides per al Medi Ambient i el Desenvolupament de Rio de Janeiro, més coneguda com a *Cimera de Rio* o *Cimera de la Terra*, es van aprovar, entre altres, dos documents molt importants: l'*Agenda 21* i el *Conveni Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic*.

L'*Agenda 21* comprèn un pla d'acció per avançar vers un model de desenvolupament sostenible a nivell social, econòmic i ambiental, i conté les eines perquè es puguin aplicar a nivell estatal i local. Per la seva banda, el *Conveni Marc de les Na-*

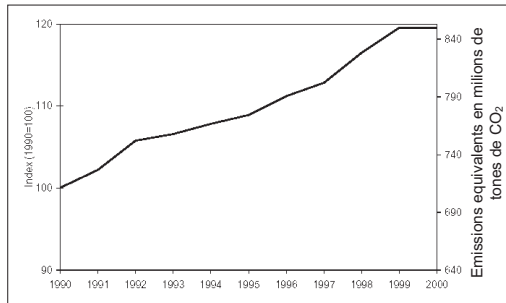


Figura B3.8. Emissions totals de gasos amb efecte d'hivernacle per part del transport a la Unió Europea (període 1990-2000). Font: EEA, 2002a.

cions Unides sobre el Canvi Climàtic, que entrà en vigor el 21 de març de 1994, reconeix per primer cop l'existència d'un canvi climàtic a tot el planeta, atribuïble en bona part a les emissions dels gasos amb efecte d'hivernacle a l'atmosfera, i admet unes responsabilitats comunes –però diferenciades– de tots els estats del món. Segons aquest darrer principi, els països industrialitzats són els principals causants del canvi climàtic i, per tant, han d'assumir el pes de la reducció d'emissions i col·laborar amb els països en vies de desenvolupament perquè creixin en un marc de desenvolupament sostenible.

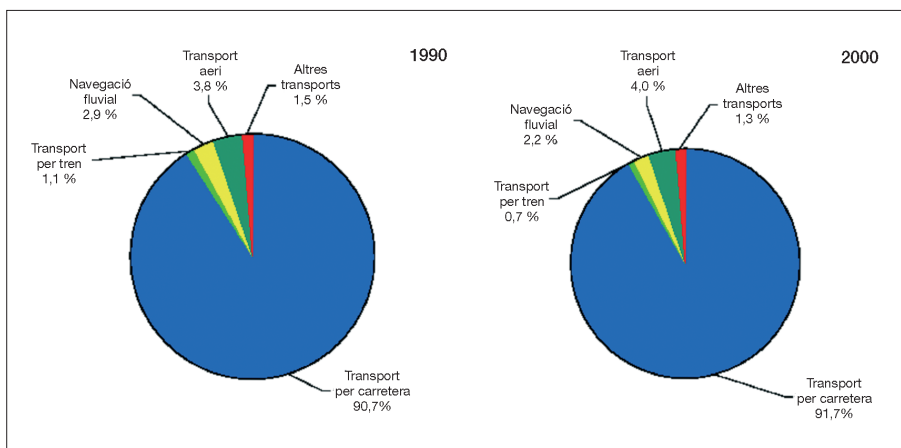


Figura B3.9. Emissions de CO₂ procedents del transport a la Unió Europea, per modes de transport (any 1990 i 2000). Font: EEA, 2002a.

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

Estat	% sobre les emissions mundials de CO ₂
Estats Units	23,7
Unió Europea	14,2
Xina	13,6
Rússia	7,0
Japó	5,2
Canadà	3,6
TOTAL	67,3%

Taula B3.2. Principals estats emissors de CO₂ (any 1995)
Font: Baldasano (1998)

A la 3a Conferència de les Parts del Conveni Marc de les Nacions Unides pel Canvi Climàtic, celebrada a Kyoto l'any 1997, els països industrialitzats van aprovar, per primera vegada a la història, uns objectius de reducció d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle jurídicament vinculants.

El protocol de Kyoto, aprovat l'11 de desembre de 1997, contempla, pel que fa als països industrialitzats, una reducció del 5,2% de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle en el període 2008-2012 (respecte les emissions de l'any 1990, que és considerat l'any de referència). No obstant això, s'estableixen quotes per estats o blocs d'estats. Així, per exemple, a la Unió Europea (segon emissor de gasos amb efecte d'hivernacle a escala mundial) li correspon una reducció global del 8%. En el marc d'aquest objectiu de reducció a escala europea, alguns dels estats membres de la Unió Europea tenen permís per incrementar les seves emissions. És el cas de l'Estat espanyol, a qui es permet un augment del 15% respecte a les emissions del 1990 tot i experimentar un increment d'un 9,3% de les seves emissions de CO₂ en el període 1990-1996.

La taula B3.3 mostra l'evolució dels principals emissors mundials i de l'Estat espanyol en el període 1990-1996.

Segons apunta l'informe *Gasos amb efecte d'hivernacle i canvi climàtic. Medi Ambient a la Unió Europea en el canvi de segle* (Agència Europea del Medi Ambient, 1999), però, es preveu que les emissions totals de gasos amb efecte d'hivernacle de la Unió Europea s'incrementin en un 6% respecte els nivells de 1990 de cara a l'any 2010. D'acord amb aquest mateix informe, el transport és el principal responsable d'aquest increment, amb un augment del 22% de les seves emissions de CO₂ entre el 1990 i el 2000. La Comissió Europea s'ha fixat com a objectiu la reducció a la meitat del creixement de les emissions de CO₂ del transport per a l'any 2010, del 3,7% anual de creixement actual, a l'1,8%.

A Catalunya, cal fer un èmfasi especial en el cas de la ciutat de Barcelona, que ha participat en diferents iniciatives internacionals d'àmbit local en el marc del desenvolupament sostenible, les més significatives de les quals són la *Carta d'Aalborg* (1994), el *Pla d'Acció de Lisboa* (1996) i la *Declaració de Hannover* (2000). En els paràgrafs següents es tractaran les implicacions que han suposat cada una d'aquestes iniciatives en matèria de canvi climàtic d'origen antròpic.

L'any 1994, Barcelona va signar la *Carta de ciutats i viles europees cap a la sostenibilitat*, també coneguda com a *Carta d'Aalborg*, que recull el compromís del món local amb el desenvolupament sostenible i l'aplicació de l'Agenda 21 Local a través de plans d'acció locals de sostenibilitat.

Pel que fa a la mobilitat urbana, la Carta d'Aalborg planteja com a objectius reduir la mobilitat obligada i aturar la promoció i el suport de l'ús innecessari de vehicles motoritzats, donar prioritat als modes ecològicament raonables (caminar, bicicleta, transport públic) i promoure la intermodalitat en la planificació del transport. També fa referència a la responsabilitat sobre el clima global i destaca la necessitat de prendre mesures per reduir les emissions dels gasos causants de l'efecte d'hivernacle.

L'any 1996 Barcelona va coorganitzar la 2a Conferència Europea de Ciutats Sostenibles, a Lisboa, on els participants van aprovar un document titulat *Del paper a la pràctica*, un pla d'acció basat en les experiències locals comunicades i discutides a la conferència, que prenia en consideració els principis i recomanacions establerts a la Carta d'Aalborg i que abordava sis punts: la preparació dels governs locals per al procés de l'Agenda 21 Local, l'establiment d'estratègies per involucrar la comunitat, l'enfocament i la planificació de l'Agenda 21 Local, les eines de gestió de sostenibilitat, la conscienciació i educació i, finalment, la col·laboració i cooperació entre autoritats.

La *Declaració de Hannover dels principals representants municipals d'Europa per al segle XXI*, aprovada l'any 2000, considera que la gestió de l'energia i dels transports a escala local ha de ser una de les àrees clau de la gestió urbana cap a la sostenibilitat i fa una crida als governs estatals perquè concedeixin ajudes a les autoritats locals en els àmbits de desenvolupament urbà i de transport que compleixin criteris de sostenibilitat. Admet però, que malgrat els esforços, la majoria de tendències ambientals globals tenen el seu origen en la contaminació atmosfèrica, el soroll i les congestions de trànsit de les ciutats.

El pla energètic de la ciutat de Barcelona representa, de fet, un pas més en l'elaboració de l'Agenda 21 de la ciutat i cal emmarcar-lo, per tant, dins dels compromisos internacionals de la ciutat per millorar l'eficiència energètica i aconseguir així, un impacte ambiental menor.

B3.3.3. Innovació tecnològica i fonts d'energia alternatives

La diversificació energètica en el sector del transport és molt reduïda. A més, com que els combustibles líquids són menys eficients energèticament i més contaminants que altres energies alternatives, cal plantejar l'ús d'aquestes energies ja no a llarg termini, sinó en un futur immediat.

Estat	Any 1990	Any 1996	Evolució (%)
Estats Units d'Amèrica	4.873	5.324	+9,25
Xina	2.398	3.006	+32,6
Rússia	2.000	1.547	-24,2
Japó	1.061	1.150	+10,9
Alemanya	981	884	-7,8
Estat espanyol	215	247	+9,3

Taula B3.3. Evolució de les emissions dels principals productors de CO₂ en el període 1990-1996 (en milions de tones).

Font: Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya (2000).

La taula B3.4 mostra, a partir de les estimacions fetes per a l'any 1995, que els cotxes eren responsables de pràcticament un 50% de les emissions de CO₂ atribuïbles al sector del transport a la Unió Europea, i els camions d'un altre 30% (no cal oblidar, però, l'elevada participació del sector aeri). Les millores en l'eficiència dels combustibles centrades en aquests dos modes són les que probablement tindran una incidència més elevada en la reducció global de diòxid de carboni.

L'electricitat, el gas natural comprimit (GNC) i els biocombustibles són energies alternatives contrastades i aplicables a curt termini. La pila de combustible (H₂) i el gas natural líquid (GNL) també han estat objecte de diverses experiències i són factibles, si bé la seva aplicació no sembla tan immediata. L'aire comprimit i l'energia electrosolar, finalment, es poden considerar com a projectes a més llarg termini.

No és l'objectiu d'aquest estudi entrar a descriure en profunditat les característiques tècniques d'aquestes energies, tot i que es fa indispensable introduir-ne les principals propietats i les experiències desenvolupades a Catalunya i, especialment, a Barcelona.

A continuació es descriuen la situació i les experiències en els diferents camps, segons la font

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

Mode de Transport	Mt CO ₂	% Total CO ₂
Cotxes – benzina	324	40,5
Cotxes – gasoil	66	8,3
Cotxes – altres	7	0,9
Autobusos	28	3,5
Motos	6	0,8
Camions – gasoil	230	28,7
Camions – altres	13	1,7
Trens	8	1,1
Aviació*	96	12,0
Navegació fluvial	20	2,6
Total	800	100,0%

* Inclou tant els vols nacionals com internacionals

Taula B3.4. Emissions de CO₂ per modes de transport (any 1995)
Font: PRIMES.

primària d'energia emprada per a la realització del transport:

- Energia elèctrica
- Gas Natural Comprimit (GNC)
- Biocarburants
- Piles de combustible
- Gas Natural Liquat (GNL)
- Aire comprimit
- Energia electrosolar.

B3.3.3.1. L'energia elèctrica

L'interès de l'electricitat com a energia alternativa es centra en el vehicle privat. El seu ús i eficiència en vehicles connectats a la xarxa ja és un fet. Els vehicles elèctrics es poden classificar en:

- 1) **Vehicles elèctrics purs:** utilitzen sistemes de tracció i d'acumulació d'energia únicament elèctrics. Inclou els *vehicles elèctrics adaptats* i els *electromòbils*. Els primers són vehicles que simplement reemplacen el motor tèrmic per un d'elèctric. Incorporen, per tant, compo-

nents innecessaris pels sistemes elèctrics, però alhora redueixen les despeses en els processos de fabricació. Els electromòbils en canvi, són aquells de disseny íntegrament elèctric.

- 2) **Vehicles híbrids:** combinen sistema tèrmic i elèctric i es plantegen com una opció per millorar les prestacions dels vehicles elèctrics tot conservant, alhora, els seus avantatges energètics i ambientals. Es distingeix entre *vehicle híbrid sèrie* i *híbrid paral·lel*. El vehicle híbrid sèrie és de tracció elèctrica, però obté l'energia d'un motor tèrmic i les bateries equilibren les necessitats del motor elèctric amb l'energia proporcionada pel generador. El vehicle híbrid paral·lel, per contra, té dos possibles sistemes de tracció, un motor tèrmic o un motor elèctric, que poden funcionar independentment o de forma complementària.

- 3) **Els vehicles solars:** transformen la radiació solar en electricitat. Es tracta encara, però, de prototipus.

En qualsevol cas, el vehicle elèctric es caracteritza per 3 elements específics propis: el motor de tracció elèctrica, el sistema d'emmagatzematge energètic (bateries) i els elements de control i regulació electrònics.

Consum i consideracions energètiques

El consum del vehicle elèctric és sensiblement inferior al dels vehicles convencionals. Així, un vehicle elèctric tipus consumeix entre 20 i 25 Kwh/100 Km, el que equival a entre 1,9 i 2,4 litres de gasolina.

A la seva eficiència energètica més elevada hi contribueixen dos aspectes importants: el fet de no consumir energia mentre està aturat i la recuperació d'energia en les frenades (ja que el motor actua com a generador).

Emissions de gasos i consideracions ambientals

Si es tenen en compte tots els processos d'extracció, transport, producció i distribució de l'energia

i les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle que es generen en cada un d'ells, la comparació entre electricitat i petroli (gasolina i gasoil) és clarament favorable a la primera (figura B3.10).

Les bateries també són elements potencialment contaminants, però un bon reciclatge permet reutilitzar el 90% d'una bateria en desús.

Un últim avantatge ambiental dels vehicles elèctrics és el seu funcionament silencios.

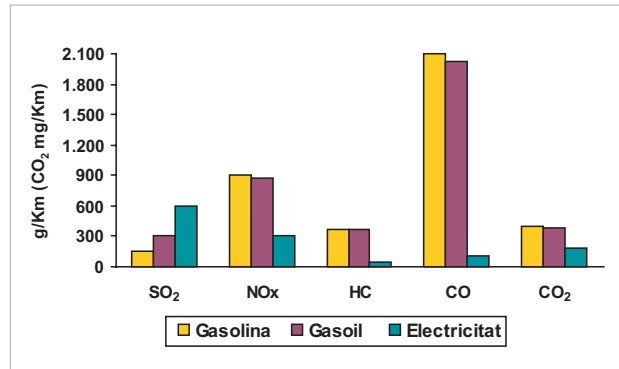


Figura B3.10. Mitjana europea d'emissions/km recorregut.
Font: ICAEN (1999).

Observacions addicionals

- Presenten un desenvolupament tècnic contrastat, però encara hi ha certes limitacions pel que fa a autonomia, potència i velocitat màxima.
- Tenen un consum i un balanç energètic sensiblement inferiors als combustibles líquids.
- No generen emissions locals de gasos amb efecte d'hivernacle i les emissions globals que produeixen en origen (de més fàcil control) estan per sota de la gasolina i gas-oil. A més, el seu funcionament és molt més silencios.
- Comporten un estalvi econòmic, tant pel que fa al consum com al manteniment del vehicle.
- El desenvolupament de vehicles elèctrics és particularment interessant pensant en vehicles de recorreguts curts i en que no calgui una recàrrega ràpida, com pot ser el cas de determinats vehicles privats en trajectes urbans, inclosos flotes captives, serveis municipals, etc.

B3.3.3.2. Gas natural comprimit (GNC)

L'ús de gas natural comprimit és més eficient en motors de cycle Otto, on la seva aplicació només requereix una modificació a l'avenç de l'encesa, mentre que els motors de tipus dièsel requereixen modificacions tècniques importants i l'aplicació del gas natural només és possible si es

manté una certa injecció de gasoil (doble combustible simultani, anomenat *dual fuel*). Igualment, és imprescindible la incorporació de dipòsits especials en el vehicle que suportin pressions de 200 bars, i estacions especials de recàrrega de gas natural.

Consum

L'experiència duta a terme per TMB en autobusos de transport públic a Barcelona (del maig de 1995 al desembre de 1996) dona un consum de gas natural lleugerament superior al de gasoil. Els resultats obtinguts es recullen a la taula B3.5.

Emissions de gasos

El gas natural suposa una reducció de les emissions de partícules, CO, NO_x i HC, i l'eliminació de les emissions de SO₂, ja que no conté sofre. En el cas de l'experiència realitzada per TMB es va comprovar, a més, que estaven sensiblement per sota dels màxims fixats per la legislació europea Euro II (taula B3.6).

Observacions addicionals

- L'ús del GNC requereix la instal·lació d'elements addicionals en el vehicle (dipòsits de gas natural) i noves infraestructures (estacions de recàrrega), si bé tots dos són perfectament assumibles.

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

		Gas natural	Gasoil
Mesures en pista de proves	Amb càrrega	3,52	2,91
	Sense càrrega	3,33	2,54
Mesures en la línia 27 *		7,04	4,70

* Les mesures en la línia 27 tenen una dispersió important degut als hàbits de conducció, règim de trànsit, etc.

Taula B3.5. Comparació de consum de GNC i gasoil en autobusos (tèrmies/km)

Font: ICAEN (1997).

	CO	NOx	HC	Partícules
GAS NATURAL	2,0	3,6	0,40	0,05
EURO II	4,0	7,0	1,10	0,15
EURO III	2,1	5,0	0,66	0,10

Taula B3.6. Comparació de les emissions de gasos generades pels autobusos propulsats amb GNC i els límits màxims establerts per Euro II (g/kWh)

Font: informació sobre les emissions de gas natural extretes de ICAEN (1997).

- Consum lleugerament superior al de gasoil.
- Reducció de les emissions de gasos i reducció del nivell de soroll (especialment en ralenti).
- Alt grau d'acceptació dels usuaris (en l'experiència de TMB, un 93,7% dels enquestats valoraven positivament l'ús de gas natural)
- Facilitat de transport en gasoductes i procés simple abans de la seva utilització, i per tant, econòmicament competitiu amb els combustibles líquids.

B3.3.3.3. Biocarburants

Els biocarburants són combustibles líquids destil·lats a partir de productes agrícoles. Se'n distingeixen 2 tipus: els alcohols i els olis vegetals.

En el primer grup s'inclouen l'alcohol etílic i l'èter terciari butílic-etílic (ETBE), bioetanols que

es poden usar en motors de cicle Otto (directament o bé com a additius de la gasolina). A l'altre costat hi ha els olis sense refinar i l'èster metílic o etílic obtinguts químicament a partir dels olis vegetals, aptes per a l'ús en motors dièsel, directament o com additius del gasoil.

Les experiències amb biocarburants a Europa i a Catalunya s'han centrat en els esters metílics, per les seves millors característiques per a ser utilitzats en motors de combustió (no calen modificacions mecàniques del motor dièsel) i perquè ja existeix una xarxa de producció i distribució.

Les figures B3.11 i B3.12 representen esquemàticament els processos d'obtenció i utilització dels dos grups de biocarburants.

B3.3.3.4. L'ús de biocarburants en motors dièsel

Consums i consideracions energètiques

El consum de biocarburant augmenta lleugerament respecte al de gasoil. Els resultats de les experiències amb biocarburants a Catalunya situen les variacions més importants entre un 3 i un 10% (taula B3.7).

A més, el balanç energètic de la producció d'èster metílic és positiu, ja que l'energia continguda en el combustible supera la que és necessària utilitzar en el seu procés d'obtenció.

Emissions de gasos i consideracions ambientals

Les emissions de CO₂ generades pel procés de combustió de l'èster metílic són similars a les del gasoil (taula B3.8). El principal avantatge del biocarburant és, però, que el CO₂ generat es recicla mitjançant la fotosíntesi en el creixement de plantes necessàries per a la seva producció i, per tant, les emissions a l'atmosfera són mínimes (figura B3.13).

Els biocarburants redueixen les emissions de gasos produïdes per la combustió en motors dièsel

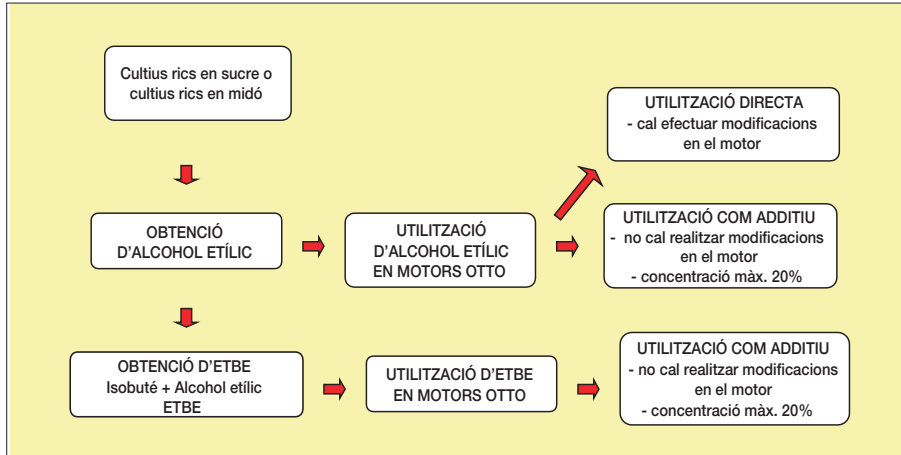


Figura B3.11. Obtenció i utilització dels bioetanols.
Font: ICAEN (1994).

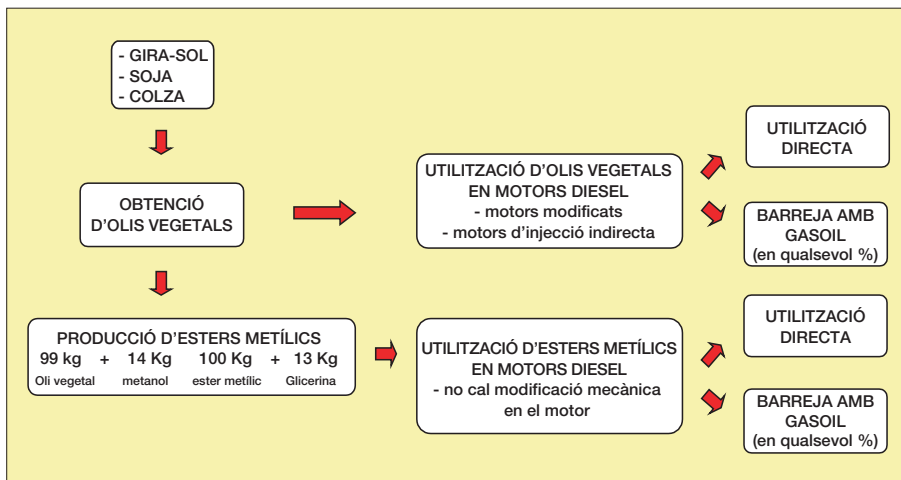


Figura B3.12. Obtenció i utilització dels carburants derivats d'olis vegetals.
Font: ICAEN (1994).

Localitats	Vehicles utilitzats	Consum de combustible (respecte el gasoil)
Mataró	2 autobusos de transport públic	+ 2,5%
Masnou	2 vehicles de policia 5 vehicles de neteja	+ 3%
Vic	1 autobús de transport públic	Sense variació
Barcelona	2 autobusos de transport de minusvàlids	+ 10%

Taula B3.7. Experiències amb biocarburants a Catalunya (fins l'any 1994)
Font: ICAEN (1994).

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

CO ₂	Ester metílic	Gasoil
Emissions combustió	2.482	2.908
Balanç fotosíntesi-consum	-2.123	
TOTAL	517	2.908

Taula B3.8. Emissions de CO₂ en els processos de combustió de l'èster metílic i del gasoil (g equiv. CO₂/l)

Font: ICAEN (1994).

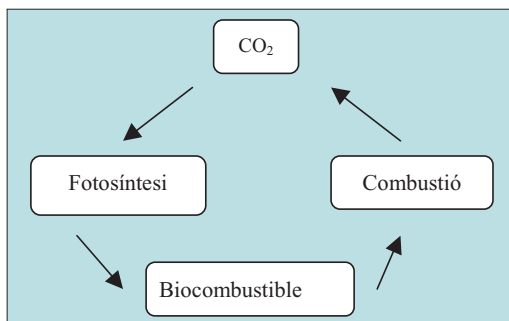


Figura B3.13. Cicle dels biocarburants.

Font: elaboració pròpia.

sel. A més, no contenen sofre i, per tant, no emeten SO₂. Tan sols les emissions de NO_x són lleugerament superiors a les del gas-oil (taula B3.9).

Observacions addicionals

- Possibilitat d'ús en motors diesel sense modificacions tècniques (tan sols és necessari canviar juntures i conduccions de cautxú per materials sintètics).
- Consum similar o lleugerament superior al de gasoil i balanç energètic positiu.
- Reducció important de les emissions de CO₂ a l'atmosfera gràcies al propi cicle de producció.
- Reducció important de les emissions de partícules, hidrocarburs no cremats i CO, i eliminació de les emissions de SO₂.
- L'alt cost de producció i distribució són un dels principals obstacles per a la seva comer-

cialització. La creació d'una xarxa pròpia de distribució i l'exempció dels impostos que graven els combustibles d'automoció són dues possibles mesures per a la seva consolidació.

B3.3.3.5. Piles de combustible (H₂)

La pila de combustible és un dispositiu que transforma l'energia química en energia elèctrica a partir de la combinació d'hidrogen amb oxigen. És, per tant, una alternativa a les bateries electroliques convencionals en els vehicles elèctrics, que proporciona més autonomia i potència i un interval de càrrega més petit.

Emissions de gasos i consideracions ambientals

L'oxigen es pren de l'aire i en combinar-se amb l'hidrogen subministrat només produeix emanacions de vapor d'aigua. No genera ni gasos tòxics ni CO₂. L'hidrogen es pot subministrar directament o extreure de gas natural, metà o metanol.

Observacions addicionals

- Aptes per ser utilitzades en vehicles elèctrics, resolen inconvenients de les bateries electroliques: autonomia, potència i temps de càrrega, mantenint un bon rendiment energètic.
- Subministren el combustible més net, ja que no generen ni gasos tòxics ni CO₂, només aigua.

B3.3.3.6. Gas natural líquid (GNL)

D'ús en motors de cicle Otto, es pot distingir entre *mescla pobra* o *mescla estequiomètrica*, segons la relació entre gas i aire. En la primera, el combustible té més aire del necessari, la qual cosa millora la combustió i n'incrementa el rendiment. En la segona, les proporcions són les estrictament necessàries perquè es cremi la mescla completament, amb què s'aconsegueix reduir a nivells molt baixos les emissions de gasos contaminants.

Emissions de gasos

Una experiència desenvolupada amb un camió d'escombraries de l'empresa CESPÀ (amb la

col·laboració de l'Ajuntament de Barcelona) durant l'any 1999, plantejava com a objectius la reducció d'entre un 50 i un 100% de les emissions contaminants respecte la normativa europea vigent en aquell moment (Euro II) i d'un 30% en les emissions de CO₂. Es va emprar mescla estequiòmica de gas i aire. Els resultats es mostren a les taules següents:

Observacions addicionals

- Com en el cas del GNC, el seu ús requereix la instal·lació d'elements addicionals en el vehicle (dipòsits de gas natural que suportin pressions màximes de 5 bars) i infraestructures (estacions de recàrrega).
- No es tenen dades ni de consum ni d'emissions de l'experiència realitzada, si bé les expectatives en el cas de les emissions són molt optimistes.
- Subministrament amb camions cisterna, com en el cas dels combustibles líquids actuals (gasolina i gasoil).

B3.3.3.7. Aire comprimit

L'empresa francesa MDI (*Motor Development Internacional*) ha creat el vehicle d'aire comprimit. El cotxe emmagatzema 300 m³ d'aire líquid que, introduït en un recinte tancat, s'expandeix i impulsa el pistó; d'aquesta manera se'n genera el moviment. A més, el cotxe incorpora un sistema de recuperació de l'energia de frenat comprimit aire ambiental i reinjectant-lo al motor.

Aquest vehicle presenta, segons els seus promotors, avantatges energètics, ambientals i econòmics. Des del punt de vista energètic, el vehicle té una autonomia en cycle urbà d'unes 10 hores (és a dir, d'entre 200 i 300 Km) i el temps de recàrrega d'energia amb el compressor del vehicle (motor elèctric de 5,5 Kw) connectat a la xarxa elèctrica és tan sols de 3 a 4 hores, mentre que el temps de recàrrega en una estació equipada és només de 2 a 3 minuts. Des del punt de vista ambiental, com que no hi ha combustió no es

Emissions d'èster metílic de colza en relació amb les del gasoil (%)	
CO	60%
HC	50%
NO _x	105%
SO ₂	0%
Partícules	35%

Taula B3.9. Comparació de les emissions de diversos gasos produïdes en la combustió de l'èster metílic i del gasoil
Font: ICAEN (1994).

	CO	NO _x	HC	SO ₂	CO ₂
Normativa europea Euro II (gr/kWh)	4,0	7,0	1,1	0,15	
Reducció esperada	50%	80%	80%	100%	30%

Taula B3.10. Reducció de les emissions de diversos gasos amb la combustió de GNL
Font: ICAEN (1999).

	CO	NO _x	HC
Emissions autobusos GNC (1997)	2,0	3,6	0,4
Emissions esperades camió d'escombraries amb GNL (1999)	2,0	1,4	0,22

Taula B3.11. Comparació de les emissions de diversos gasos en la combustió del gas natural comprimit i del gas natural líquid (en g/kWh)
Font: ICAEN (1999).

genera contaminació i, a més, l'aire expulsat és més pur que el que entra perquè es filtra abans de la seva injecció. Finalment, a efectes econòmics cal destacar que el cost és d'1,50 euros d'electricitat per 300 Km, és a dir, menys de 0,5 cèntims d'euro per km.

B3.3.3.8. Energia electrosolar

Els vehicles solars transformen la radiació solar en electricitat mitjançant plafons fotovoltaics. Una electricitat, per cert, que com en la resta de vehicles elèctrics és emmagatzemada en bateries i utilitzada després pel sistema elèctric de tracció.

La UPC va desenvolupar un prototipus de vehicle d'energia electrosolar per estudiar l'aplicació de la tecnologia solar fotovoltaica a l'automoció. L'estudi de l'eficiència energètica del vehicle es va centrar en el sistema de captació solar d'energia (plafons fotovoltaics), en el sistema d'acumulació (bateries electroquímiques) i en el sistema motriu (motor elèctric). Les proves van posar de manifest un bon comportament mecànic i una gran eficiència energètica (d'un 90%, aproximadament), però les pròpies característiques del vehicle demostren que l'energia solar no podrà ser utilitzada encara en l'automoció en un futur proper.

B3.3.4. Aspectes legals

En l'àmbit legislatiu, la política de reducció d'emissions en el transport es materialitza en les directives comunitàries sobre el control d'aquestes, que han donat lloc desde l'any 1992 als anomenats vehicles Euro, vehicles de motors progressivament menys contaminants que satisfan els requeriments establerts en les directives sobre control d'emissions. Els valors màxims d'emissions i altres consideracions de tipus tècnic fixats per aquesta normativa són d'aplicació universal als vehicles nous, fabricats en sèrie i posats en circulació en el mercat d'un estat membre; en resten exclosos aquells altres que es trobin ja en circulació o que vagin destinats a l'exportació a tercers països.

L'adaptació als nivells d'emissió que estableixen les normatives Euro I (any 1992) i Euro II (any 1996) es va aconseguir amb ajustaments en els motors tradicionals. L'adaptació per part dels fabricants als nous estàndards d'emissions que s'estableix en un procés gradual en dues etapes,

Euro III i Euro IV, en canvi, fan necessari el disseny de nous motors amb una eficiència ambiental més alta. L'Euro III suposarà una reducció significativa dels nivells d'emissions respecte a períodes anteriors i permetrà, amb caràcter general a partir del 2001, preparar el camí per a la reducció d'emissions definitives, que tindrà lloc en una segona fase –l'Euro IV– a partir de l'any 2006. En alguns casos, la normativa permet que els nivells d'emissions establerts per Euro IV es puguin assolir en dues etapes, la segona de les quals, anomenada també Euro V, s'ha previst que comenci a aplicar-se a partir del 2009.

Les directives comunitàries fixen els límits màxims d'emissions i altres consideracions de tipus tècnic atenent a la tipologia dels vehicles pel que fa al pes, al sistema de propulsió i al tipus de combustible utilitzat. Les emissions procedents dels vehicles per al transport de passatgers i dels vehicles lleugers per al transport de mercaderies (fins a 3,5 tones) són regulades per la *Directiva 98/69/CE*, i els seus valors màxims i terminis d'entrada en vigor es mostren a les taules següents.

La taula B3.14 mostra les reduccions previstes en les emissions de gasos a partir del 2000, en aplicació dels valors màxims establerts en la *Directiva 98/69/CE*.

Pel que fa a les emissions de gasos i partícules dels vehicles dedicats al transport pesant de mercaderies, la *Directiva 99/96/CE* n'estableix els límits màxims. Per a la reducció d'emissions de CO₂, l'any 1998 la Unió Europea va assolir un acord amb l'Associació Europea de Fabricants d'Automòbils (ACEA) a través del qual aquesta es comprometia que l'emissió mitjana de CO₂ dels vehicles venuts a la Unió Europea l'any 2008 fos de 140 g/Km (taula B3.15). Aquest objectiu es tradueix en una reducció mitjana del 25% de les emissions de CO₂ dels automòbils de nova matriculació en el període 1995-2008. A més, l'ACEA es comprometia a produir vehicles amb un nivell d'emissions de 120 g/Km a partir

	CO		HC		NO _x		Partícules	
	gasolina	gasoil	gasolina	gasoil	gasolina	gasoil	gasolina	gasoil
EURO I (1/07/1992)	3,34	3,34	0,66	0,66	0,49	0,49	-	0,18
EURO II (1/01/1996)	2,7	1,0	0,34	0,9	0,25	-	-	0,1
EURO III								
nous models	2,3	0,67	0,2	-	0,15	0,5	-	0,05
noves matriculacions								
1/01/2000								
1/01/2001								
EURO IV								
nous models	1,0	0,5	0,1	-	0,08	0,25	-	0,025
noves matriculacions								
1/01/2005								
1/01/2006								

Taula B3.12. Límits d'emissions (en g/km) per a vehicles de passatgers lleugers i semilleugers (PMA < 2.500kg)
Font: Direcció General de Ports i Transports, Generalitat de Catalunya (2000).

		CO		HC		NO _x		Partícules	
		gasolina	gasoil	gasolina	gasoil	gasolina	gasoil	gasolina	gasoil
EURO III	< 1.305 kg	2,3	0,64	0,2	-	0,15	0,5	-	0,05
	1.305-1.760 kg	4,17	0,8	0,25	-	0,18	0,65	-	0,07
	1.761-3.500 kg	5,22	0,95	0,29	-	0,21	0,78	-	0,1
EURO IV	< 1.305 kg	1,0	0,5	0,1	-	0,08	0,25	-	0,025
	1.305-1.760 kg	1,81	0,63	0,13	-	0,1	0,33	-	0,04
	1.761-3.500 kg	2,27	0,74	0,16	-	0,11	0,39	-	0,06

Taula B3.13. Límits d'emissions (en g/km) per a vehicles lleugers per al transport de mercaderies (< 3,5 tones)
Font: Direcció General de Ports i Transports, Generalitat de Catalunya (2000).

Vehicles	CO	HC	NO _x	Partícules
Cotxes benzina	30	40	40	-
Cotxes dièsel d'injecció directa	40	-	40	50
Vehicles industrials lleugers	40	65	20	35

Taula B3.14. Reduccions previstes (en percentatge) respecte els vehicles Euro II
Font: Direcció General de Ports i Transports, Generalitat de Catalunya (2000).

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

Any	Emissions (g/km)
1995 (valor mitjà)	187
2003 (valor estimat)	165-170
2008 (acord ACEA)	140
2012 (valor objectiu)	120

Taula B3.15. Evolució prevista de les emissions de CO₂ produïdes pels automòbils de la UE.
Font: Mataix (1999).

del 2000 i a revisar l'acord entre les dues parts l'any 2003.

B3.4. El transport a Catalunya

Catalunya no ha estat aliena a les tendències europees en termes d'augment de la mobilitat i del consum energètic del sector del transport. Igualment, en tot el territori s'aprecia un clar predomini del transport per carretera en detriment d'altres modes.

El parc mòbil català es va incrementar en 1.500.000 nous vehicles (dels quals 1 milió eren turismes) entre els anys 1986 i 1999. Aquest darrer any, el parc mòbil català era de 3.900.000 vehicles (2.800.000 turismes) amb una taxa de motorització de 640 vehicles / 1.000 habitants

Pel que fa a les mercaderies, el 74% del transport amb origen i/o destinació a Catalunya –uns

170 milions de tones anuals– es fa per carretera, mentre que només un 4% és absorbit pel ferrocarril i un 22% pel transport marítim (en augment gràcies al *short sea shipping*).

B3.4.1. Consum

Des de l'any 1993, el transport és el sector que consumeix més energia a Catalunya (figura B3.14). Entre el 1985 i el 1996, el sector transport va incrementar el seu consum en un 54% i les previsions a termini mitjà apunten cap a un augment del seu pes en la demanda energètica, ja que creix a un ritme d'un 5,4% anual, molt per sobre de la resta de sectors (figura B3.15). De tot el consum atribuïble a aquest sector a Catalunya, el 83% es deu a mobilitat per carretera, i d'aquest, més de la meitat es produeix en àmbit urbà.

I si a més de considerar l'energia necessària per impulsar els vehicles s'avalua el conjunt del cicle productiu (fabricació de vehicles, construcció i manteniment d'infraestructures, etc.), aleshores el pes del sector transport supera el 50% del consum d'energia final.

B3.4.2. El transport metropolità

A l'àrea metropolitana de Barcelona s'ha produït un important increment del transport per carretera, tant en els desplaçaments privats (amb l'agreguament que s'ha concentrat a Barcelona) com en el moviment de mercaderies, que s'ha incrementat un 49% entre els anys 1992 i 2000,

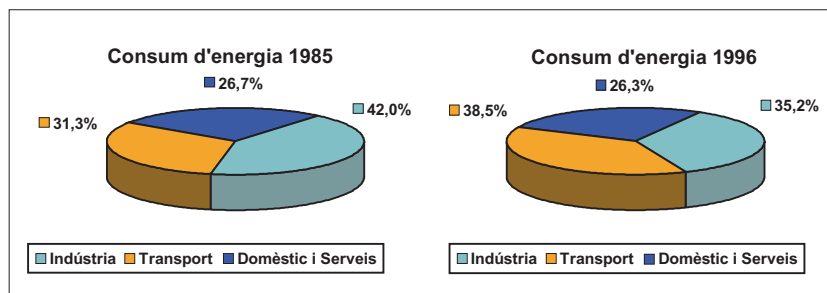
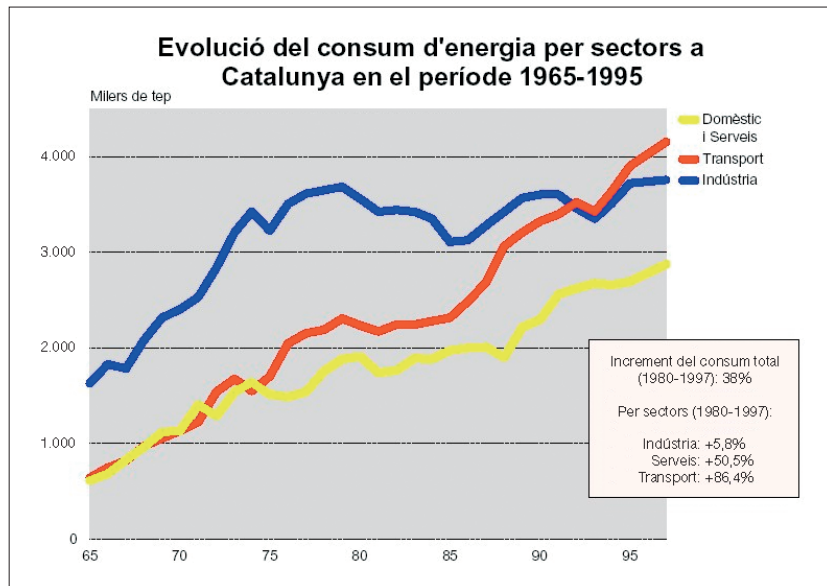


Figura B3.14. Consum final d'energia per sectors a Catalunya (anys 1985 i 1996).
Font: ICAEN (1999).



Nota: Les dades de 1996 i 1997 són provisionals.

Figura B3.15. Evolució del consum d'energia per sectors a Catalunya (període 1965-1995).
Font: Direcció General d'Energia i Mines. Generalitat de Catalunya.

passant de 125 a 186 milions de tones. Aquest fet ha provocat un creixement que s'estima en més d'un 60% en el consum energètic del transport.

A la regió metropolitana de Barcelona, la motorització ha crescut a un ritme del 2,8% anual i arriba, l'any 1998, a 425 turismes/1.000 habitants, amb puntes significatives en certes zones. En aquesta mateixa regió s'observa, com també passa a la gran majoria d'àrees metropolitanes europees, un important increment de la mobilitat (un 16% entre 1991 i 1996 de la mobilitat intermunicipal), sobretot per l'augment de trajectes diferents dels de mobilitat obligada.

B3.4.3. El transport local: la ciutat de Barcelona

B3.4.3.1. La mobilitat a Barcelona

El nombre de desplaçaments i la seva distribució modal caracteritzen la mobilitat de la ciutat. A Barcelona es realitzen diàriament 6 milions de desplaçaments, segons dades del 1998, dels

quals 4,1 milions corresponen a desplaçaments interns i 1,9 milions a desplaçaments interns-externs. Dels primers, la majoria (un 38%) es realitzen en transport públic, més d'una tercera part (un 36%) a peu i amb bici i un 26% en vehicle privat. En els gairebé dos milions de desplaçaments interns-externs en canvi, el vehicle privat és el mode emprat massivament: un 65% d'aquests desplaçaments es fan en vehicle privat, per només un 4% a peu i amb bici (lògic, per l'augment de les distàncies) i tan sols un 31% en transport públic, que no només deixa de ser el mode majoritari sinó que a més cedeix terreny al vehicle privat.

Les dades posen de manifest una realitat: la mobilitat a Barcelona cal interpretar-la considerant la ciutat i el seu àmbit metropolità. Els desplaçaments intermunicipals suposen tan sols una tercera part del total, però en canvi gairebé un milió de cotxes, més de la meitat dels que hi circulen, entren i surten de Barcelona un dia laborable.

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

Desplaçaments	Interns	Interns-Externs	Total
Transport públic	1.541.455	595.721	2.137.176
Vehicle privat	1.052.734	1.248.838	2.301.572
A peu i en bici	1.487.325	75.040	1.562.365
Total	4.081.514	1.919.599	6.001.113

Taula B3.16. Nombre i distribució modal dels desplaçaments a la ciutat de Barcelona (any 1998)

Font: Direcció de Serveis de Transports i Circulació. Ajuntament de Barcelona.

La taula B3.16 i la figura B3.16 resumeixen les característiques dels desplaçaments a Barcelona en un dia laborable, a partir de dades de la Direcció de Serveis de Transports i Circulació de l'Ajuntament de Barcelona.

Els trajectes no motoritzats es fan majoritàriament a peu i gairebé tots, més del 95%, s'inicien i acaben a la ciutat de Barcelona. La bici s'utilitza, encara, en menys de l'1% dels desplaçaments. Entre el transport públic col·lectiu, el metro és el mode més utilitzat, tant en desplaçaments interns com d'entrada i sortida de Barcelona, mentre que l'autobús, molt utilitzat en desplaçaments interns, cedeix protagonisme als FGC i rodalies de RENFE en els desplaçaments interns-externs.

El cotxe és, amb diferència, el mitjà més utilitzat en el cas del transport privat (1.640.598 de des-

plaçaments), sobretot pel que fa a desplaçaments interns-externs (964.333), que en general suposen distàncies més elevades. La moto, tot i ser minoritària, també té un ús molt significatiu (15%) en els desplaçaments per Barcelona i el seu increment és el més important del parc de vehicles de la ciutat. Tots dos modes tenen una ocupació similar, d'aproximadament 1,1 persones en mitjana, per tant a la pràctica totalitat dels viatges hi ha un sol ocupant. Les furgonetes i camions suposen també un percentatge important dels desplaçaments en vehicle privat (un 16% dels interns i un 19% dels interns-externs). No obstant això, es tracta majoritàriament de distribució urbana de mercaderies, més que no pas de desplaçaments de passatgers.

Les figures B3.17 i B3.18 desglossen, de forma esquemàtica, els desplaçaments interns i interns-externs un dia laborable (any 1998).

El motiu del desplaçament i la distància recorreguda són característiques dels desplaçaments que completen la caracterització de la mobilitat. Segons dades de l'enquesta de mobilitat i trànsit del 2000 de l'Institut d'Estudis Metropolitans de Barcelona, si es considera la mobilitat segons el motiu de desplaçament en laborable, els de mobilitat obligada (treball o estudis) representen un 36,2%, els de mobilitat no obligada (compres, oci, esport, menjar, etc.) un 27,6%, i la resta són viatges de tornada a casa. En tots tres casos la majoria de desplaçaments són amb origen

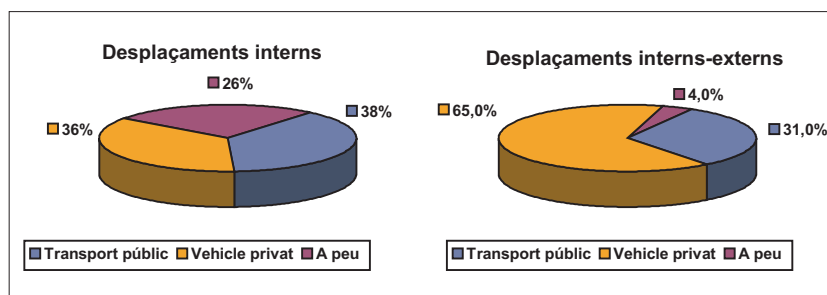


Figura B3.16. Distribució modal dels desplaçaments a Barcelona (any 1998).

Font: Direcció de Serveis de Transports i Circulació. Ajuntament de Barcelona.

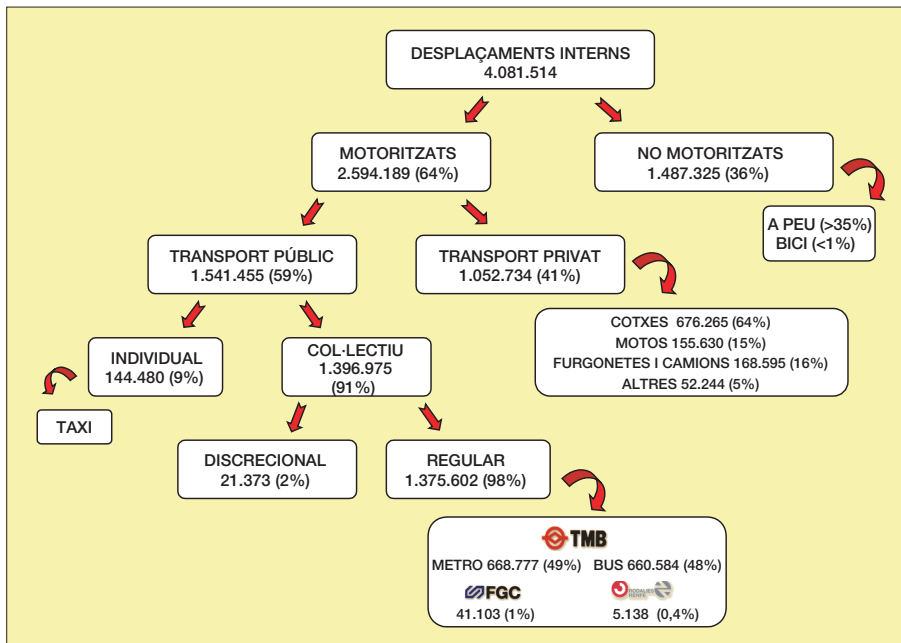


Figura B3.17. Distribució modal dels desplaçaments interns.
Font: Ajuntament de Barcelona.

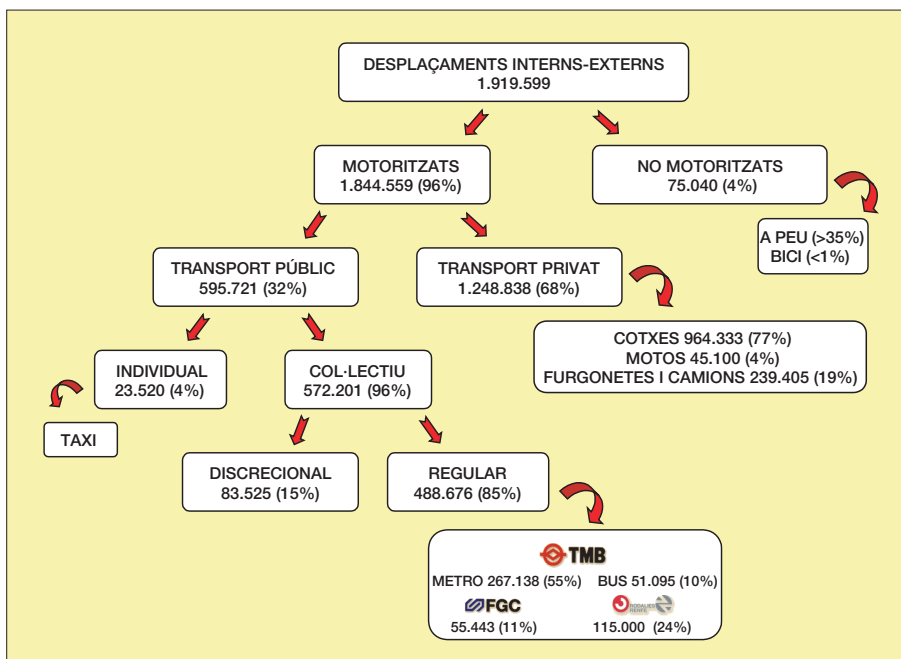


Figura B3.18. Distribució modal dels desplaçaments interns-externs.
Font: Ajuntament de Barcelona.

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

i destinació a Barcelona, el 52% dels de mobilitat obligada, el 85% dels de no obligada i el 70% dels de tornada a casa. Pel que fa al nombre de viatges per individu, la mitjana és de 2,7 pels interns i de 2,95 pels de connexió amb l'entorn metropolità.

Pel que fa al recorregut mitjà en els diferents modes de transport (figura B3.19), s'observa, en primer lloc, que en els desplaçaments a peu la distància mitjana recorreguda és d'aproximadament 1.600 metres, uns 20 minuts suposant una velocitat de 4,5 km/h. En transport públic el recorregut mitjà és de 3,3 km en autobús i de 5,2 km en metro, amb velocitats comercials de 13,24 km/h i 28,16 km/h respectivament (TMB, 1999). En vehicle privat la distància mitjana recorreguda s'estima que augmenta fins als 6 km, amb velocitats mitjanes de 59,8 km/h a les Rondes i de 19,8 km/h a la resta de la ciutat (Ajuntament de Barcelona, 1999).

Per determinar la mobilitat setmanal, es pot considerar que el 81,5% dels desplaçaments es realitzen en dia laborable i que per tant, el nom-

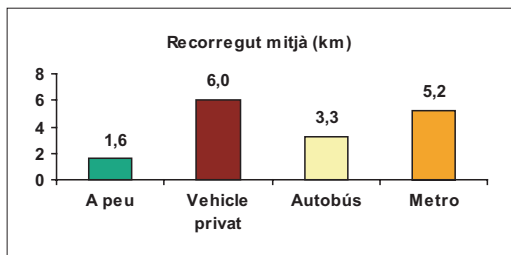


Figura B3.19. Recorregut mitjà en diferents modes de transport.
Font: elaboració pròpia.

Feiner	Dissabte	Diumenge	Nombre de dies feiners equivalents per setmana
81,5% (16,3% diari)	11,2%	7,2%	6,127

Taula B3.17. Distribució setmanal de viatges a Barcelona
Font: ATM (1997).

bre de dies feiners equivalents per setmana és de 6,127 (taula B3.17).

B3.4.3.2. Desplaçaments a peu i en bici

Barcelona disposa d'una superfície de 99 km², dels quals un 17% són places i carrers per circular i un 1%, 105 Ha, són superfície amb prioritat per a vianants. D'aquestes 105 Ha, un 54% és concentra a Ciutat Vella. A l'enquesta de mobilitat el 73% dels barcelonins es defineixen com a vianants o com a «més vianants que conductors».

Pel que fa a la bici, a Barcelona hi ha prop de 200.000 persones que en tenen, de les quals unes 165.000 la utilitzen i unes 29.500 ho fan en dia feiner o sempre. El seu ús segueix sent però, majoritàriament, en festius i per passejar, i són encara molt pocs els barcelonins que l'utilitzen per anar a treballar o estudiar (figura B3.20).

B3.4.3.3. El transport públic

Barcelona i la seva àrea d'influència compta amb servei d'autobusos, metro, ferrocarrils, tren de rodalies i taxis. La taula B3.18 resumeix l'oferta dels principals operadors de transport públic col·lectiu: Transports Metropolitans de Barcelona (autobús i metro), FGC (Ferrocarrils de la Generalitat) i RENFE.

Els viatges en metro representen el 45% dels realitzats en transport públic col·lectiu i els d'autobús el 32% (figura B3.21) Per tant, TMB és l'operador més important de Barcelona i la seva àrea metropolitana, ja que trasllada el 77% del passatge del transport públic.

Per la seva banda, el transport públic individual, el taxi, comptava el 1999 amb 10.556 vehicles, 206 parades i 104,7 milions de passatgers.

B3.4.3.4. El vehicle privat

El vehicle privat és, per nombre total de desplaçaments i per ocupació d'espai viari, el mode majoritari. El parc de vehicles de Barcelona del 1999 comptava amb 625.024 cotxes, molt per sobre

del nombre de motos i ciclomotors (224.642) o de furgonetes i camions (73.110).

El nombre de desplaçaments en cotxe (1.640.898) planteja una situació de congestió en bona part de les principals vies de circulació de la ciutat i, especialment, als accessos, que pateixen els desplaçaments interns-externs i on els cotxes són el 74% dels vehicles que hi circulen. La figura B3.22 mostra la distribució dels desplaçaments en cotxe a la ciutat. El repartiment entre residents i no residents a Barcelona és del 55% pels primers i 45% pels segons, i entre viatges interns i interns-externs, del 41% i el 59%.

El plànol de volums de trànsit (figura B3.23) representa la distribució de la IMD amb gruixos proporcionals als fluxos. Un dia feiner es recorren un total de 13,5 milions de quilòmetres a Barcelona. Les Rondes suporten el 20% del volum de trànsit de la ciutat, les vies de connectivitat externa un altre 20%, les vies principals internes un 38% i el 22% restant la xarxa local de la ciutat. En canvi, dels 1.281 quilòmetres de la xarxa viària de Barcelona, les Rondes i les vies de connectivitat externa representen només un 2% i un 3%, respectivament, la xarxa principal interna un 21% i la xarxa local un 74%.

A Barcelona, a diferència que en el còmput global de Catalunya, el pes relatiu del sector transport en el consum energètic final de la ciutat va baixar

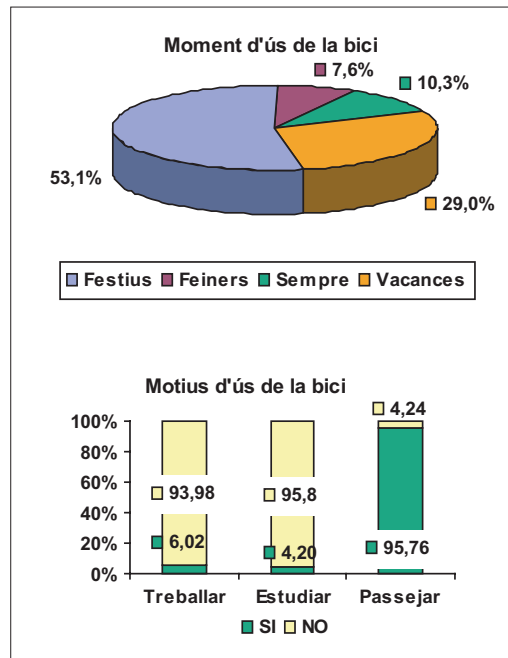


Figura B3.20. Moment i motiu d'ús de la bici a Barcelona.
Font: Enquesta de mobilitat i trànsit 2000.

lleugerament en el període 1985-1997, però es manté com el sector que més energia consumeix, amb un 42% (figures B3.24 i B3.25).

A Barcelona el transport és el sector que més emissions de CO₂ produeix, i la seva aportació

TRANSPORT PÚBLIC	long. línies (km)	línies	viatgers (milions)	Δ99/98 (%)
FMB (Metro)	81,2	5	286,7	2,1%
TB (Autobús)	745	80	202,1	0,9%
FGC (aglomeració central)	48,5	4	44,5	9,7%
Resta FGC	95,2	4	12,4	2,7%
Rodalies RENFE (agl. central)	109,7	4	37,8	1,8%
Resta Rodalies RENFE	307,0	4	52,3	1,9%

Taula B3.18. Dades bàsiques dels principals operadors de transport públic col·lectiu
Font: TMB, FGC, RENFE.

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

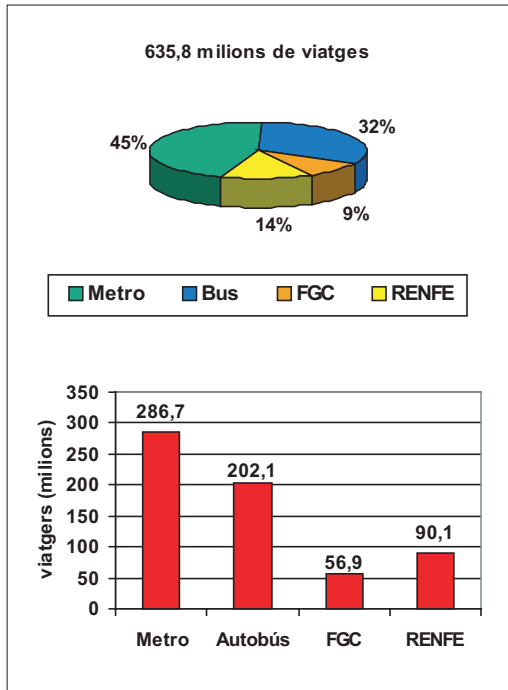


Figura B3.21. Distribució de viatges en transport públic.
Font: TMB, FGC, RENFE.

relativa va augmentar del 45% al 55% en el període 1985-1995, per situar-se en un 53% el 1997 (figures B3.26 i B3.27).

B3.5. La mobilitat sostenible

Per afrontar els problemes ambientals i de mobilitat associats al creixement del transport, es poden adoptar tot un conjunt d'accions, que han d'estar emmarcades en unes polítiques globals i innovadores. Aquestes polítiques hauran d'usar diferents mecanismes per tal d'assolir els seus objectius, com la internalització dels costos externs, el foment de la intermodalitat, la recerca de l'ús òptim de cadascun dels modes de transport, la taxació o el requilibri modal, entre altres.

Els objectius de les polítiques actuals de mobilitat han d'incloure els principis de la mobilitat sostenible per tal que l'activitat del transport no acabi perjudicant les generacions futures. El projecte Europeu PROSPECTS defineix, en la seva Guia per a la Presa de Decisions, els set objectius que haurien d'assolir les estratègies de transport des del punt de vista de la sostenibilitat.

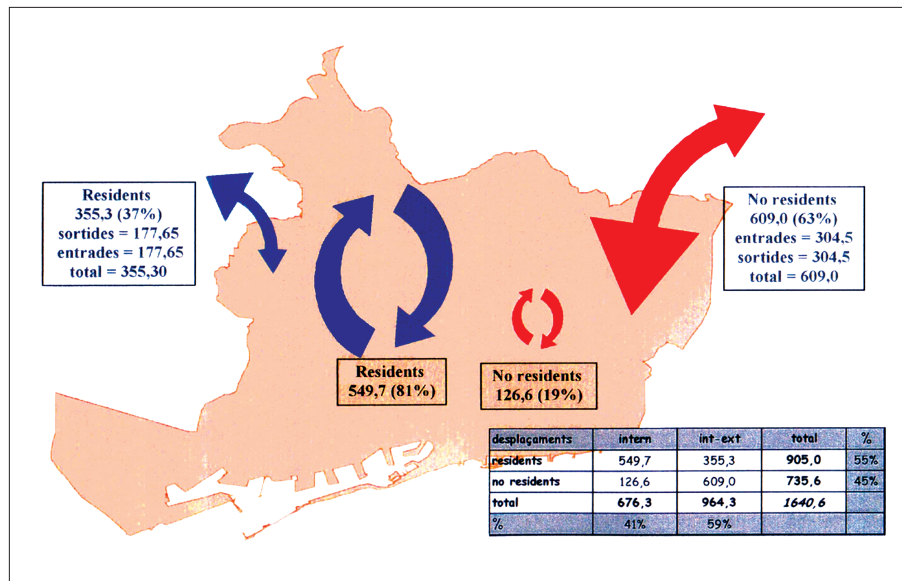


Figura B3.22. Distribució de desplaçaments en cotxe a Barcelona (any 1998).
Font: Direcció de Serveis de Transports i Circulació. Ajuntament de Barcelona.

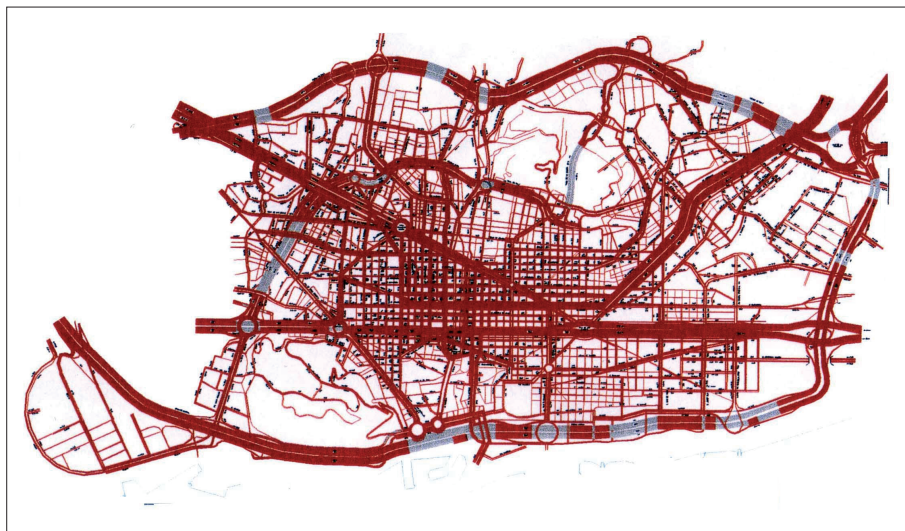


Figura B3.23. Aranya dels volums de trànsit al viari de Barcelona (any 1998).
Font: DOYMO i Direcció de Serveis de Transports i Circulació. Ajuntament de Barcelona.

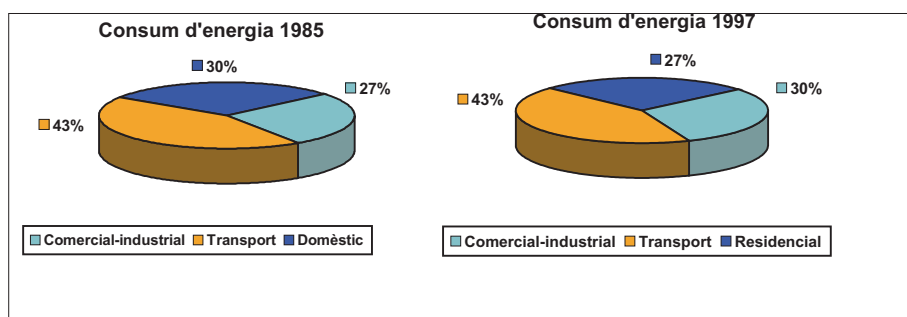


Figura B3.24. Consum final d'energia per sectors a Barcelona.
Font: Ajuntament de Barcelona (1999).

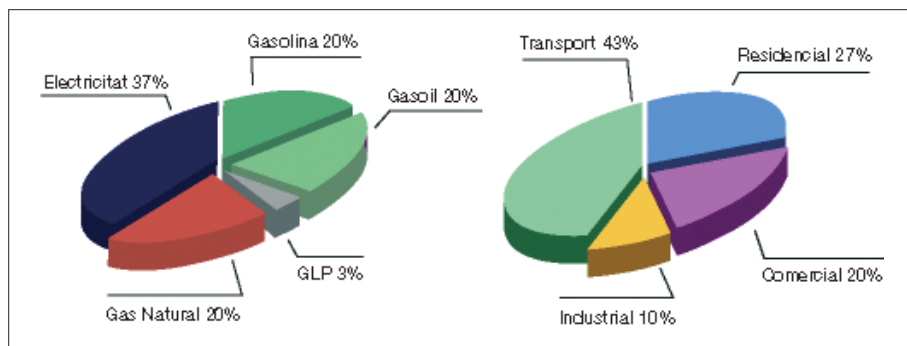


Figura B3.25. Consum d'energia a Barcelona l'any 1997, segons font energètica utilitzada (esquerra) i per sectors d'activitat (dreta).
Font: elaboració pròpia.

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

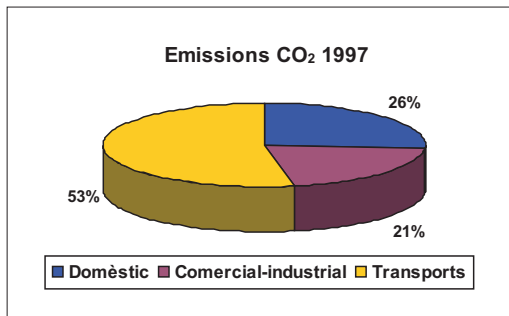


Figura B3.26. Composició de les emissions de CO₂ a Barcelona, per sectors (any 1997).

Font: Ajuntament de Barcelona (1999).

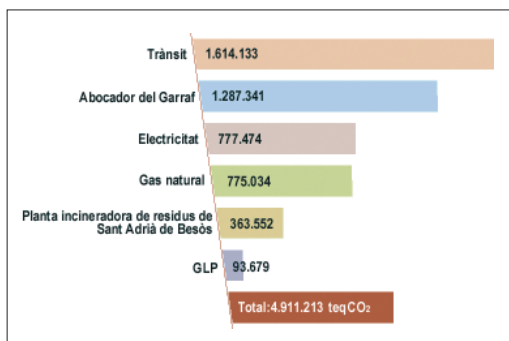


Figura B3.27. Emissions de gasos amb efecte d'hivernacle a Barcelona (any 1997), en tones equivalents de CO₂.

Font: Regidoria de Ciutat Sostenible (any 1999).

Aquests objectius són:

- 1) **Eficiència econòmica** per al mercat del transport, que implica maximitzar els beneficis dels usuaris del sistema de transport després de comptabilitzar els costos de provisió i manteniment.
- 2) **Protecció del medi ambient:** implica reduir alguns dels impactes negatius del sistema de transport i usos del sòl: contaminació global com el CO₂, regional com les emissions de NO_x i SO₂, contaminació local, com les partícules i els seus impactes sobre la salut; soroll i vibracions; impactes visuals; la fragmentació i l'efecte barrera; efectes sobre la biodiversitat; creixement de zones urbanitzades; i la pèrdua del patrimoni cultural i dels hàbitats naturals.
- 3) **Carrers i barris habitables:** es centra en el viari i les condicions de repòs ambiental de les àrees residencials. Inclou efectes externs positius sobre les activitats socials, culturals i d'oci dels barris, l'augment de la mobilitat a peu i en bicicleta, i la reducció de la inseguretat percebuda en aquests modes de transport. Està relacionat, però alhora és diferent, amb els objectius ambientals i de seguretat.
- 4) **Seguretat:** implica la reducció del nombre i gravetat d'accidents en tots els modes. Tanmateix, donat que alguns emplaçaments, determinades edats i alguns modes de transport suposen un major nombre d'accidents que la resta, l'objectiu de seguretat té també implicacions sobre l'equitat.
- 5) **Equitat i integració social:** L'equitat implica l'accés al transport en condicions similars per a tots, els costos del transport i els impactes mediambientals i de seguretat en els viatges. Dins de la integració social s'hi inclou l'accessibilitat per als que no tenen cotxe i per a les persones de mobilitat reduïda. La veritable igualtat d'oportunitats mai serà possible, però és necessari estudiar mesures compensatòries per als qui tenen menys possibilitats o majors costos.
- 6) **Contribució al desenvolupament econòmic:** per a les ciutats i regions un objectiu important és que les polítiques de transport fomentin el desenvolupament econòmic. En aquest sentit, les millores d'accessibilitat o de qualitat ambiental poden conduir a un increment de la activitat econòmica i possibilitar un desenvolupament econòmic sostingut.
- 7) **Equitat intergeneracional:** malgrat que tots els objectius enumerats fins ara són importants, molts d'ells també tindran efectes sobre les futures generacions. Hi ha tres impactes de les activitats actuals que les afectaran de manera especial: l'efecte d'hivernacle, la major ocupació del sòl i l'esgotament dels recur-

sos naturals no renovables entre els que el petroli és, probablement, el més important.

Referències bibliogràfiques

- AJUNTAMENT DE BARCELONA (2000). *Anuari estadístic de la ciutat de Barcelona, 1999*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Departament d'Estadística (i anteriors).
- AJUNTAMENT DE BARCELONA. COMISSIÓ DE SOSTENIBILITAT I ECOLOGIA URBANA (2000). *La mobilitat sostenible*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona
- AJUNTAMENT DE BARCELONA. DIRECCIÓ DE SERVEIS DE TRANSPORTS I CIRCULACIÓ (2000). *Dades bàsiques de la mobilitat a Barcelona*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.
- ARAGAY, J.M.; DELGADO, J.; TORRELLES, E.; MUR, R. (2000). *Enquesta de mobilitat i trànsit 2000. La mobilitat a Barcelona. Síntesi*. Barcelona: Institut d'estudis Metropolitans de Barcelona.
- ASSOCIACIÓ PER A LA PROMOCIÓ DEL TRANSPORT PÚBLIC (1999a). «L'aprovació del PDI en marxa». *Mobilitat Sostenible*, 14, 3-5.
- ASSOCIACIÓ PER A LA PROMOCIÓ DEL TRANSPORT PÚBLIC (1999b). «TMB presenta l'autobús d'hidrogen». *Mobilitat Sostenible*, núm. 15, p. 13.
- ASSOCIACIÓ PER A LA PROMOCIÓ DEL TRANSPORT PÚBLIC (2000). «Posem en marxa la xarxa CarSharing de Catalunya». *Mobilitat Sostenible*, núm. 18, p. 16-19.
- ASSOCIACIÓ PER A LA PROMOCIÓ DEL TRANSPORT PÚBLIC (2000). «Replantejament general del model energètic vigent. El començament d'una nova era». *Mobilitat Sostenible*, núm. 17, p. 4-9.
- AUTORITAT DEL TRANSPORT METROPOLITÀ DE BARCELONA (ATM) (2000). *Proposta de Pla Director d'Infraestructures de Transport Públic Col·lectiu. PDI 2001-2010*.
- AUTORITAT DEL TRANSPORT METROPOLITÀ DE BARCELONA (ATM) (2000). *TransMet Xifres. Xifres 1999*.
- BALDASANO, J.M. (1995). *Valoración de las emisiones de los gases causantes del incremento del efecto invernadero*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Comissió de Medi Ambient i Serveis Urbans.
- BARRACÓ, H. (1998), «El cas de Barcelona: Consum energètic i emissions atmosfèriques associades als transports». *Àrea. Revista de debats territorials*, p. 88-101.
- BARRACÓ, H. (1998), El flux energètic de Barcelona. Anàlisi i sostenibilitat ambiental. Projecte final de carrera de Ciències Ambientals, 1998.
- BARRACÓ, H.; PARÉS, M.; PRAT, A.; TERRADAS, J. (2000). *Barcelona 1985-1989. Ecologia d'una ciutat*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.
- CARDENAL i MONTRAVETA, J.; ROBUSTÉ, F. (2001). *El transport en el pla energètic de Barcelona*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins Canals i Ports de Barcelona. (Tesina d'especialitat,).
- COMISSIÓ DE LES COMUNITATS EUROPEES (1990). *El libro verde sobre el medio ambiente urbano*. Madrid: MOPT.
- COMISSIÓ DE LES COMUNITATS EUROPEES (1992). *El libro verde sobre el impacto del transporte en medio ambiente*. Madrid: MOPT.
- COMISSIÓ DE LES COMUNITATS EUROPEES (1999). *Anar amb bicicleta: la solució capdavantera per a les ciutats*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- CONSELL INTERNACIONAL PER A INICIATIVES AMBIENTALS (ICLEI) (1994). *Carta de Ciutats i Viles Europees cap a la Sostenibilitat (la Carta d'Aalborg)*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT (1998). *La política internacional contra el canvi climàtic*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DEPARTAMENT DE POLÍTICA TERRITORIAL I OBRES PÚBLIQUES (2000). *El transport sostenible, eina d'integració europea. Els vehicles Euro*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- DIRECCIÓ GENERAL DE PORTS I TRANSPORTS (2000). «Indicadors del transport urbà col·lectiu de superfície». *Butlletí de Transports*, núm. 12, (1999), p. 10.
- FERROCARRILS DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA, FGC (2000). *Memòria 1999*.
- ICAEN (1993). «Utilització de combustible vegetal en vehicles municipals». *Energia Demo*, núm. 32, p. 1-4.
- ICAEN (1994). *Els Biocarburants: estat actual i experiències a Catalunya*. Estudis monogràfics, núm. 1, p. 1-26.
- ICAEN (1997). «Autobusos propulsats amb Gas Natural». *Energia Demo*, núm. 51, p. 1-4.
- ICAEN (1999a). *El vehicle elèctric. Situació actual i perspectives*. Estudis monogràfics, núm. 11, p. 1-25.
- ICAEN (1999b). *Taula de factors d'emissió de contaminants i de consum de combustible*. Generalitat de Catalunya.
- ICAEN (1999c). «Vehicle electrosolar». *Energia Demo*, núm. 66, p. 1-4.

Transport Francesc Robusté i Carles Casas

ICAEN (1999d). «Vehicle propulsat amb Gas Natural Liquefats (GNL)». *Energia Demo*, núm. 65, p. 1-4.

MATAIX, C. (1999). «Reducción de las emisiones de CO₂ en los vehículos». Ponència a les *Jornades sobre la política de transport i el canvi climàtic*, València, 1999.

PISCHINGER, R. (1998). Deliverable no. 6. Methodologies for estimating air pollutant emissions from transport, MEET Project.

ROBUSTÉ, F. (2000). *Els Comptes del Transport de Viatgers a la Regió Metropolitana de Barcelona. Any 1998*. Barcelona: Autoritat del Transport Metropolità (ATM).

ROBUSTÉ, F.; THORSON, O. (2000). *La ciutat a peu i en bicicleta*. Organització Mundial de la Salut, OMS.

TRANSPORTS METROPOLITANS DE BARCELONA, TMB (2000). *TMB, un model de gestió per al transport públic. 1980-2000*. Barcelona: Fundació Carles Pi i Sunyer d'estudis autonòmics i locals.

TRANSPORTS METROPOLITANS DE BARCELONA, TMB (2000). *Memòria 1999*.

TRANSPORT RESEARCH LABORATORY, TRL (1998). Deliverable no. 22. Methodologies for estimating air pollutant emissions from transport, MEET Project.