



ENQUADRAMENT

1.1 ENQUADRAMENT GENERAL

El problema que s'aborda en la present tesi està a cavall entre dos camps d'estudi: la Investigació Operativa i els Models Urbanístics. Pertany a la Investigació Operativa, ja que en els dos algorismes presentats, es tracta de minimitzar una funció objectiu, i el procés està sotmès a unes restriccions. S'insereix en el terreny dels Models Urbanístics, per la seva pròpia natura lesa.

De fet, ambdues disciplines no són, ni de bon tros disjunctes, ja que una bona part dels Models Urbanístics empen tècniques típicament manlevades de la Investigació Operativa. Malgrat tot, convé de fer la distinció per dues raons:

- a) perquè la primera disciplina no és resoltament un subconjunt de la Investigació Operativa, sinó que també adés ha desenvolupat parcialment una metodologia pròpia, molt específica, adés ha emprat mètodes estadístics i d'anàlisi de dades. Vegi's, per exemple, com a mostres d'una metodologia independent, els treballs de VAUGHAN R.J. {61} i WILLIAMS T.E.H. et al {67} sobre generació de viatges; així com els ja clàssics de WILSON A.G., sobre els models de distribució {68} i {69} o de SILVANA L. et al {56}, utilitzat directament aquest darrer en la confecció de la present tesi, o els de HYMAN G.M. sobre repartició modal {23}. Anàlogament, com a treballs que empen l'anàlisi de dades, pot citar-se els ja esdevinguts punt de referència obligada sobre l'anàlisi de l'elecció entre modes de transport a partir d'una enquesta; en aquest terreny no poden oblidar-se WARNER S.L. {65}, QUARMBY D.A. {48} i {49}, QUANDT R.E. {47} ò LICHFIELD N. i CHAPMAN H. {32}
- b) perquè la tradició docent al nostre país ha considerat deslligats tots dos camps.

Així doncs, l'enquadrament del present treball haurà de ser forçosament doble, i caldrà tenir-ne en compte l'ambivalència.

1.2 SITUACIO EN I.O.

1.2.1. ANTECEDENTS LLUNYANS.

La recerca de precursors o publicacions que haguessin intentat de resoldre el mateix problema que en la tesi present, ha estat un dels aspectes més arduos. Certament, la literatura sobre aquesta mena d'algorismes, és a dir:

- generació d'una xarxa de transport urbà.
- afectació d'autobusos a una xarxa ja donada,

és molt migrada. Una recerca quasi exhaustiva, no ha permès de localitzar més enllà de 5 ò 6 publicacions i, encara, hom no ha pogut obtenir-les totes.

1.2.1.1. Estudis de tipus general.

Com era d'esperar, les companyies de transport s'han preocupat del problema i les més importants s'han esmerçat a millorar-ne l'explotació, entesa sota diversos aspectes: des de la restructuració de la xarxa fins a la definició d'una política de tarifes, passant pel disseny de bandes reservades per a l'autobús. En aquest terreny, cal esmentar dos treballs d'envergadura, empresos respectivament per les companyies de transport de Milà i de París.

L'Azienda di Trasporti Municipali de Milà, {1} i {2}, arran de la inauguració de dues línies de Metro, va llençar una voluminosa enquesta origen-destí, que li permeté de calibrar molt exactament la distribució dels viatges pendolars per motiu treball i estudi. Després d'una tria dels tipus de línies d'autobús segons llur funcionalitat, va arribar a una redefinició dels itineraris, per tal de servir millor les línies de desig observades. Tot i que es tracta d'un estudi seriós i acurat, la modificació de la xarxa es duu a terme intuïtivament, i l'avaluació que se'n fa és "a posteriori".

Més tard, la Régie Autonome de Transports Parisiens, R.A.T.P., va emprendre un estudi similar, {50} i {51}, dirigit per L. COUTINHO i H. DEKINDT, l'objectiu preeminent del qual era de potenciar l'ús de l'autobús a París que, com arreu, estava en una franca davallada. La proposta consistia, en essència, en 3 xarxes diferents, corresponents a 3 nivells de servei, on cada una de les quals comportava un sistema de bandes reservades. Aquesta proposta va publicar-se l'any 73 i d'aleshores ençà s'ha anat portant progressivament a la pràctica, vegi's J. LAPEYRE {31}, amb uns resultats, sembla, espectaculars.

L'aportació teòrica d'aquest treball és remarcable sobretot en allò que toca el desdoblament dels itineraris i l'elasticitat de la demanda. No obstant, no emprà cap algorisme per a generar les 3 xarxes suara esmentades; al contrari, en base a la xarxa real, opera intuïtivament.

Com a treball previ, vegi's de L. COUTINHO, la seva publicació a l'Atelier Parisien d'Urbanisme, {6} .

D'altres treballs de caire general, són el de V.N. LIVSHIC, {33} a la URSS, el de G. GYULAI, {17} a Hongria i el de J. VANDAS i J. KLOUČEK {60} a Txecoslovàquia.

Les empreses de transport, per llur proximitat amb el problema són probablement les que han arribat a resultats més pràctics. A més, però, cal parlar dels organismes públics lligats d'alguna manera al Transport o a l'Urbanisme, les contribucions dels quals solen ser més genèriques o sintètiques. Dintre d'aquest grup, destaca l'Institut de la Recherche du Transport, I.R.T., francès, les publicacions del qual, en cara que no han estat directament aprofitades ací, sí que han fet molta llum en l'enquadrament adequat del problema.

Així, de J. FREBAULT, publicat per l'IRT, cal assenyalar els seus dos dossiers, {13} i {14} ; en el primer defineix la "funció transport", o conjunt de condicions que ha de complir un mitjà de transport; en el segon, tracta el tema de les freqüències en hores vall, complementari al d'aquesta tesi, Igualment publicats per l'IRT, cal destacar un recull de definicions d'accessibilitat {27} i la contraposició assenyalada per M. SAUVEZ, {54} , entre accessibilitat interna, externa i total. Es de notar un altre "survey" sobre repartició modal, de J.M. NETTER et al., {40}.

De l'Institut de l'Aménagement et Urbanisme en Région Parisienne, I.A.U.R.P., cal al·ludir-ne dues publicacions també sobre repartició modal, {24} i {25} , per la gran difusió de què han estat objecte, i la riquesa de les conclusions que assoleixen.

Finalment, el SERC, ha reimprès un treball de R.J. SMEED, {56} , on arriba a una comparació de velocitats de cotxe i d'autobús en zona urbana, útil de cara a comparar temps de viatge.

1.2.1.2. Aportacions particulars.

La següent relació d'articles es refereix a treballs amb un abast més limitat, ja que, considerant una gran part de les variables del sistema com a constant, s'esmercen a modelitzar i/o a millorar-ne només algunes de parcials.

Tot i que no toquen directament el fons del problema que aquí es planteja, ha semblat idoni d'incloure'ls en aquest apartat, pels punts de contacte que hi presenten.

a) E.M. HOLROYD i D.A. SCRAGGS, {21} , el primer dels quals es tornarà a veure en parlar dels antecedents propers, van estudiar les perturbacions en les arribades dels autobusos a Londres. Arriben a una fórmula sintètica, que posa de manifest que la irregularitat creix en fer-se petit l'interval. Aquesta fórmula s'estudia a fons al punt 5.1.9., de cara a una possible incorporació en els algorismes presents.

b) E. ENGEL, {11} , desenrotlla un model "instacionari", per a l'afectació de fluxos damunt d'una xarxa de transport. El mot "instacionari", creat per l'autor, vol ser un terme mitjà entre estacionari i dinàmic. L'objectiu del treball és de tenir en compte l'espaiament en el

temps de la generació de viatges, per tal d'obtenir una estimació més acurada de la càrrega real de la xarxa.

c) N. DEKINDT, {9} , de l'RATP, aplica la simulació a l'estudi dels temps de recorregut d'una línia d'autobús, de cara a veure la repercussió en aquest darrers en cas d'implantar un sistema de bandes reservades.

d) En una línia similar, hi ha l'article de G.F. NEWELL {42} , que aborda el problema de l'estabilitat d'una línia, és a dir, la formació de parelles de busos. En el mateix front cal esmentar el de V.R. VUCHIC, {63} , publicat a la revista de l'U.I.T.P.

e) Com un pas més en la potenciació del transport públic, després de la implantació de bandes reservades, M. COPTINET, de l'I.R.T., {28}, estudia els efectes d'una regulació dels semàfors en funció del tràfic d'autobusos.

f) La revista Transportation Science s'ha esmerçat especialment en problemes de "scheduling" o de "dispatching" és a dir, en la determinació de la freqüència d'una línia tal que, coneguda la taxa d'arribada de passatgers a la parada i la càrrega de les línies, minimitzi el temps d'espera. Cal veure, sobre aquest aspecte, els articles de G.L. NEMHAUSER, {39} , comparant dos tipus combinats de serveis: un de directe i l'altre amb parades. O el de G.F. NEWELL, {41} , que explicita una relació matemàtica entre demanda i freqüència, i el de F.J.M. SALZBORN, {53} , que minimitza en primer lloc el nombre de busos requerits per a satisfer la demanda, i després els fa sortir a intervals tals que el temps d'espera dels usuaris sigui mínim. Malgrat la similitud aparent entre aquests treballs i la tesi present, s'han classificat com a antecedents remots i no propers, ja que el problema amb que s'encaren és un altre. En efecte, tots ells parteixen de la gestió d'una sola línia, i en qualsevol cas, consideren una xarxa com un conjunt de línies sense que entre elles hi hagi cap competència recíproca. No és, doncs, el cas present, on es parteix de la base que entre les línies hi ha interacció, i que, de fet, un mateix tram és servit simultàniament per diverses línies. En canvi, tots ells, arriben a un nivell de desagregació temporal que aquí no es té en compte, conseqüència del fet de considerar una taxa d'arribada dels usuaris a la parada; ací, en canvi aquest punt s'ha bandejat, i s'han considerat la demanda a satisfer com a única i global en el període de temps considerat

g) Un altre punt tractat amb profusió per la mateixa revista és el de la talla mínima de les flotes de vehicles de transport. A. MARTINLÖF, {35} , empra un algorisme de branch-and-bound per atacar el problema, i quasi simultàniament, F.J.M. SALZBORN, {52} , per un mètode similar, el resol aplicat a un sistema de tren suburbà. Posteriorment, L.G. PROLL, {46} , fa una aportació al mètode d'aquest darrer.

Encara que d'una altra escola, però dintre de la mateixa línia, cal parlar de l'aportació de B. PEIRON {45}, aplicada al disseny de l'aeroport de Roissy, on dimensiona el parc de vehicles per al servei en el terminal; resol el problema a través d'un algorisme heurístic. Igual que abans, però, cal advertir que es tracta d'un problema diferent; en el segon algorisme de la tesi, el nombre de busos es considera fix per a tota la xarxa i es tracta d'assignar-los a cada línia.

1.2.2. ANTECEDENTS PROPERES

Aquest apartat es dedica als treballs que aborden el mateix problema que aquí, sota les mateixes hipòtesis o d'altres molt semblants, no gaire llunyanes.

De cara a sistematitzar-ne l'exposició s'han subdividit en 3 grups: els dos primers, relatius al primer algorisme, de generació d'una xarxa, i el darrer, relatiu al d'assignació d'autobusos a les línies d'aquella.

Dintre dels dos primers, l'un es consagra als tractaments de tipus continu, certament més nombrosos, i l'altre als discrets.

1.2.2.1. Plantejaments continus.

Tenen en comú tots ells de prescindir dels elements de la teoria de grafs, i d'emprar, més aviat, eines manllevades del càlcul diferencial. La ciutat, aleshores, no es redueix a un conjunt de punts singulars, o nusos, més o menys interconnectats, sinó a un espai de dues dimensions, amb una funció de densitat de població i/o d'empleu associada, i a un sistema regular de vies de trànsit, que sol ser rectangular o polar. Un primer pioner en aquest camp, el 1.967, és E.M. HOLROYD, {19}, el qual sol emprar sempre aquests tipus de models, en estudiar el tràfic urbà. Vegi's {18} i {20}. Partint d'una ciutat rectangular, amb línies d'autobús el recorregut de les quals sempre és una línia recta i suposant uniforme la densitat de població, la distància entre parades i l'engraellat dels carrers, calcula quina és la longitud del costat d'una illa que fa mínim el cost total de viatge.

Posteriorment B.F. BYRNE i V.R. VUCHIC, {4} analitzen l'emplaçament òptim d'una línia de transport en un corredor rectangular, i l'any 1.975 el primer d'ambdós, B.F. BYRNE, {5}, reelabora el problema plantejat per E.M. HOLROYD, però aplicant-lo a una ciutat circular, i amb hipòtesis molt menys restrictives; en efecte, permet una funció de densitat de població, en comptes d'imposar que sigui constant, i tracta de minimitzar no el temps de l'usuari, sinó la suma dels costos de l'usuari i del sistema.

V.F. HURDLE, {22}, aborda un problema similar al de B.F. BYRNE i V. R. VUCHIC. Donada una línia de transport ràpid, tangent a un rectangle habitat, es proposa de trobar la distància òptima entre línies de transport, paral·leles entre si i perpendiculars a l'anterior, que minimitzin el temps d'accés dels usuaris des del rectangle al transport ràpid.

Dintre dels plantejaments continus, cal esmentar un article recent de G.O. WESOLOWSKY, {66}, el qual, contràriament a allò que caldria esperar de la seva temàtica, no ha aparegut a Transportation Science sinó a Environment and Planning, A. Pretén de dissenyar un corredor de transport en una zona habitada puntualment, tal que minimitzi la distància de l'esmentat corredor als nuclis habitats. Com pot veure's el problema s'assembla formalment al de la regressió lineal, per bé que la distància no és paral·lela a un eix determinat, sinó perpendicular al corredor de transport.

1.2.2.2. Plantejaments discrets.

Aquest apartat és el nucli del capítol, ja que és, sense dubte ací, on caldria situar l'algorisme de generació, si mai algú es decidís a prendre'l com referència d'un altre treball. Paradoxalment, els articles que s'hi citaran són pocs, i és ara quan cobra tot el seu sentit l'afirmació feta al començament del capítol, quan s'ha dit que la bibliografia n'és molt migrada.

El treball de W. LAMPKIN i P.D. SAALMANS, {30} és aquell que ha inspirat més directament el present estudi; de fet, pot dir-se que aquesta tesi vol ser una superació de la metodologia aportada pels autors de la publicació. A més és un precursor en aquest terreny. No hi ha cap precedent, fora de la tesi de J.G. CROOKES and P.J. PENGILLY, {7}, llegida a Birmingham el 1.963, i esmentada per W LAMPKIN i P.D. SAALMANS, la qual no ha estat possible d'aconseguir. Resolen el problema de generació, a través d'un algorisme heurístic que, en essència, es desglossa en els següents passos:

- partir de l'entrellat d'una línia; un entrellat és un enfilall de pocs nusos, pels quals s'imposa que ha de passar la línia.
- examinar si millora la funció econòmica la inserció d'un nus en un buit.
- si hi ha millora, s'insereix el nus.
- altrament, s'elimina un dels dos nusos adjacents al buit de la línia.

Al punt 2.2.5.7. després de descriure l'algorisme de generació, es reprendrà el de LAMPKIN i SAALMANS per a comparar-lo amb el de la tesi.

Recentment, hi ha hagut dues noves comunicacions. Al congrés de Investigació Operativa de Brusel·les, EURO I, es va donar a conèixer el treball de D. VAN OUDHEUSEN, {44}, que també té com a objectiu de traçar una línia d'autobús (i no una xarxa) damunt d'una infraestructura de carrers preexistent. VAN OUDHEUSEN, però, només pretén de crear una línia un extrem de la qual ja és conegut, o, eventualment un conjunt de línies convergents a l'extrem predeterminat.

La simplificació que fa del problema li permet de defugir els mètodes heurístics, que substitueix per una enumeració implícita. Arriba a un grau elevat de sofisticació en l'avaluació de la funció econòmica. El

moment en què ha estat accessible aquest treball a l'autor del present treball li ha impedit d'incorporar-ne cap de les seves troballes. L'altra comunicació recent és la de M. MERCATANTI i L.S. SPANNEDA {27} apareguda quan ja aquesta tesi estava acabant-se. L'objectiu n'és de determinar simultàniament itineraris i horaris, per a una companyia de transports suburbans. La metodologia és innovadora, ja que tracta els itineraris a través d'un analitzador sintàctic. Finalment, optimitza els horaris per programació lineal.

1.2.2.3. Assignació de busos.

Tal com s'ha esdevingut al paràgraf precedent, el nombre de treballs sobre l'assignació d'autobusos o, en general, d'unitats mòbils a una xarxa de transport, sota la hipòtesi d'interacció entre línies, també és minso. Si es precindeix de la interacció, aleshores el problema esdevé un simple exercici de minimització d'una funció pel mètode de Lagrange, tal com es prova al punt 3.2.4.2. Bandejada, però, aquesta hipòtesi per massa restrictiva, només s'han localitzat dos treballs: el mateix de W. LAMPKIN i P.D. SAALMANS, {30}, els quals, un cop dissenyada la xarxa hi assignen un nombre predeterminat d'autobusos, i J.P. UHRY {59}, qui, sota els auspicis de l'IRT, crea, l'any 1.969, el model EVARAU, encaminat a resoldre aquest problema específic.

La primera referència, fa ús d'un algorisme formalitzat "ad hoc": a una solució inicial, li provoca perturbacions aleatòries fins que en troba una de millor, la qual es pren aleshores com de partida. Les iteracions prossegueixen fins que no pot millorar-se la funció objectiu.

Aquest mètode es del tot diferent de l'emprat en la tesi. Tan sols se n'han adoptat les anomenades fórmules de LAMPKIN i SAALMANS, que determinen el temps mitjà d'espera en funció dels intervals de les línies que serveixen un itinerari donat. El punt 5.1. es dedica a llur estudi aprofundit. A més, no es té en compte una restricció que els autors imposen a llur model, i és que els valors dels intervals, expressats en minuts, siguin divisors de 60, a fi que els horaris resultants siguin mnemotècnics. Cal notar que aquest algorisme va ser desenrotllat en una ciutat anglesa, amb densitat de població baixa i, per consegüent, amb freqüències de pas també baixes. És lògic, doncs, que calgui tenir en compte les hores de pas i que aquestes siguin fàcils de recordar. En canvi, i tal com es veurà al punt 6.2.1., els algorismes de la tesi present s'han ideat pensant en ciutats llatines, on les altes densitats de població impliquen freqüències molt superiors. Les hores de pas, doncs, perden relevància.

El model EVARAU de l'IRT és molt més ampli en els seus objectius, que el que aquí es desenvolupa. Donada la xarxa o conjunt de línies i la flota d'autobusos disponibles, pretén de maximitzar el benefici del consumidor o usuari; inclou com a hipòtesis:

- la variació del nombre de busos, segons la relació entre oferta i demanda.
- l'existència d'elasticitats de la demanda de bus.

El tipus d'algorisme és completament anàleg a la segona fase d'assignació present; consisteix en el canvi d'un autobús d'una línia a una altra, de forma que el guany obtingut en cada canvi sigui màxim. A més, UHRY prova que aquest mètode duu a l'òptim. Més endavant s'exposen els punts de convergència entre ambdós.

Tot i que no forneix cap resultat, la més gran generalitat del model EVARAU, conjuntament amb la coincidència de metodologies resten novetat al segon algorisme de la tesi. Aquest, doncs, només es justifica com a complement del primer, en la mesura que es veu obligat a cenyir-se a les hipòtesis del de generació, per tal de conferir unicitat al conjunt. Cal afegir però, que l'algorisme d'assignació s'ha fet independentment del model EVARAU.

El nombre de solucions possibles, es calcula al punt 5.4.

1.2.3. METODOLOGIA.

Ha semblat oportú d'encetar aquest paràgraf amb una cita manllevada del pròleg del model EVARAU, {59} , on M. SAKAROVITCH, autor del pròleg, delimita magistralment les possibilitats de l'investigador operatiu en problemes de transport com el present:

"La descripció d'una xarxa d'autobús damunt d'un graf, representatiu d'una ciutat, requereix un nombre tan gran de paràmetres (és un problema combinatori) i el programa d'optimització al qual condueix és tan totalment "no convex" que hom no pot esperar de trobar un algorisme que permeti construir la xarxa òptima".

Abans de llegir en SAKAROVITCH, hom ja havia arribat a una conclusió semblant. A més, cal afegir, que el model EVARAU té com a objectiu d'assignar autobusos i no pas de crear la xarxa. Si allò que es pretén és precisament modificar o generar la xarxa, pot suposar-se que hom s'encara a un problema molt més complex.

Partint de la base, doncs, que es tracta d'un problema combinatori, no hi ha dubte que el nombre de solucions possibles, o sigui, de xarxes possibles, és un nombre molt respectable. També és molt esllavissadís de determinar unes variables d'acció més senzilles que les finalment adoptades, per a definir una solució possible. Si la primera objecció ja era una trava per a recórrer a algorismes habituals en la solució de problemes combinatoris, la segona, o sigui la impossibilitat de copsar la xarxa d'un manera més senzilla que descrivint-la íntegrament, barra, de fet, l'accés a qualsevol recurs a l'abast. Per tant, s'ha recorregut a un algorisme de tipus heurístic, o sigui, basat en la intuïció, sense que hagi pogut provar-se en general, fora de casos aïllats, la seva unicitat de solució. En base a aquestes limitacions, i a la mateixa essència del problema, refractari a una modelització satisfactòria, cal entendre, doncs, que l'algorisme és una simple ajuda per al decisor, però no una eina infal·lible.

Val a dir, però, que versions més simplificades del problema han estat tractades per mètodes ja provats de enumeració implícita. Tal és el cas, ja esmentat, de VAN OUDHEUSEN, {44} , el qual aplica aquest mètode a la generació

d'una xarxa de poques línies. Igualment, s'està duent a terme, encara que en un estat actualment molt embrionari, un intent d'escollir un subconjunt de línies, dintre d'un conjunt molt més extens, per un mètode de programació lineal mixta. Si aquest projecte arriba a una bona fi, podrà dir-se que ha ultrapassat parcialment l'algorisme de generació de la present tesi. L'adverbi "parcialment" hi ve a tomb, perquè en qualsevol cas, no podrà generar-se cap nova línia que, d'antuvi, no s'hagi introduït al programa, la qual cosa no s'esdevé aquí.

Cal acabar aquest paràgraf parlant d'A. J. SCOTT, {55} per la gran difusió que ha assolit el seu article del 1.969, dedicat a un tema afí al que es debat.

El problema és la generació del graf òptim de transport, anteriorment abordat per K.J. KANSKY, {29}, i posteriorment aplicat per R.D. MCKINNON i M.D. NODGSON, {36}, a la determinació de la xarxa d'autopistes del Canadà. Com pot veure's a l'article d'SCOTT, una solució queda definida per un vector binari, on cada element es correspon amb un arc del graf. Un 0 en una posició determinada vol dir que aquella solució no considera l'arc corresponent, i un 1, altrament. Quan el problema és però, de fer passar línies damunt d'una xarxa ja existent, amb possibilitat que un mateix arc suporti diverses línies, aquesta formalització perd tota l'agilitat.

1.3 SITUACIO EN ELS MODELS URBANISTICS

La cadena clàssica dels models urbans de transport es compon de 4 graus:

- a) Motorització generació de viatges: a partir de unes certes hipòtesis de motorització en funció del nivell de renda i de la composició mitjana familiar, es determina el nombre de viatges generats per zona, segons diversos motius. Paral·lelament, l'atracció de viatges de cada zona, depèn del motiu, de l'ús del sòl i de la taxa d'atracció segons motiu. Vegi's, per exemple, H.J. WOOTON i G.N. PICK, {70} .
- b) Distribució de viatges: en funció del nombre de viatges generats i atrets per cada zona de les matrius de costos modals entre zones i, eventualment, dels resultats d'una enquesta sobre mobilitat, es tracta d'establir la matriu de fluxos entre zones més probable, d'entre totes les possibles. El tipus de model més emprat és el gravitatori, formalitzat i posteriorment millorat per A.G. WILSON {68} i {69} .
- c) Repartiment modal: les matrius de fluxos anteriors no precisen el mode efectivament emprat, l'ús del qual s'estima a través de comparar els costos dels diferents modes. El resultat n'és un conjunt de matrius que indiquen els fluxos entre modes. Diversos tractaments del repartiment entre modes poden trobar-se a I.R.T. {26} , G.M. HYMAN, {23} , A. MONGINI, {38} i, amb un tractament del tot diferent, molt més recent, G.C. NICOLAIDIS i R. DOBSON, {43} .
- d) Assignació damunt de la xarxa, dels viatges modals estimats anteriorment. Vegi's , per exemple, M. BRUYNNOOGHE, {3} .

De fet, la cadena no és tan senzilla ni el desglossament pot fer-se d'una manera tan esquemàtica. Nogensmenys, n'hi ha prou amb aquest esboç per a poder entrellucar on s'insereixen els models presentats en la cadena general dels models urbanístics de transport.

La matriu de demanda és una de les dades requerides pels models, tal com es posa de relleu a la hipòtesi H3). La seva obtenció pot dur-se a terme per molts mètodes, tals com una enquesta exhaustiva de mobilitat o l'explotació d'un cens, però un dels més freqüents serà l'aplicació dels dos primers graus suau esmentats: la motorització-generació i la distribució.

Ben segur, la matriu de demanda i la matriu de distribució no tenen per què coincidir en general, ja que, mentre la primera recull tots els viatges entre zones en qualsevol mode per un motiu donat, la darrera només és la demanda potencial d'autobús. Si, per alguna raó, es fa la hipòtesi que alguns viatgers no prendran l'autobús en cap cas, com ara una part dels posseïdors de vehicle, caldrà aplicar el tercer grau, repartiment modal, per a passar de la matriu de distribució a la de demanda.

Així mateix, ambdós models porten implícit un repartiment modal, ja que la demanda potencial es satisfà simultàniament pel mode alternatiu i pels diversos itineraris; vegi's hipòtesi H17) . La fórmula emprada és diferent en aquest cas, per raons que es justifiquen al punt 5.2.

Finalment, els models exigeixen les matrius de costos alternatius $[p_{ij}]$ i de camins mínims en autobús $[q_{ij}]$; un bon mètode per a obtenir-les és un algorisme de camins mínims, tal com els emprats per a la determinació dels costos modals en tot model de transport.