



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

***Anàlisi quantitativ de la velocitat dels vehicles a motor
participants en atropellaments en zona urbana :
modelització de la sensibilitat de la variable evitabilitat a
les variacions de la velocitat específica del vehicle i de la
velocitat màxima permesa de la via***

Julià Cabrerizo Sinca

ADVERTIMENT La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del repositori institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) i el repositori cooperatiu TDX (<http://www.tdx.cat/>) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual **únicament per a usos privats** emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei UPCommons o TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a UPCommons (*framing*). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del repositorio institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) y el repositorio cooperativo TDR (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=es>) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual **únicamente para usos privados enmarcados** en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio UPCommons No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a UPCommons (*framing*). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the institutional repository UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) and the cooperative repository TDX (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=en>) has been authorized by the titular of the intellectual property rights **only for private uses** placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading nor availability from a site foreign to the UPCommons service. Introducing its content in a window or frame foreign to the UPCommons service is not authorized (*framing*). These rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

TESI DOCTORAL

ANÀLISI QUANTITATIU DE LA VELOCITAT
DELS VEHICLES A MOTOR PARTICIPANTS EN
ATROPELLAMENTS EN ZONA URBANA.

*Modelització de la sensibilitat de la variable evitabilitat a les
variacions de la velocitat específica del vehicle i de la
velocitat màxima permesa de la via*

Programa de Doctorat:

Doctorat en Enginyeria Civil (RD 99/2011)

Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports

Universitat Politècnica de Catalunya

Director de la tesi:

Dr. José Magín Campos Cacheda

Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori

magin.campos@upc.edu

Alumne del programa de Doctorat:

Julià Cabrerizo Sinca (373266659M)

administracion@upra.com

jcabrerizo@bcn.cat

ÍNDEX

0.	DICCIONARI DE SIGLES I ACRÒNIMS.....	7
1.	INTRODUCCIÓ.....	9
1.1.	Àmbit d'estudi	9
2.	OBJECTE DE LA TESI	12
2.1.	Objectiu principal.....	12
2.2.	Objectius secundaris	14
2.3.	Contribució prevista.....	15
3.	TIPOLOGIES DELS ACCIDENTS DE TRÀNSIT.....	16
3.1.	Definició i tipologies dels accidents de trànsit.....	16
3.1.1.	Introducció al concepte	19
3.1.2.	Tipologies d'accident.....	20
3.1.3.	Lesions associades a la no utilització del cinturó de seguretat.....	29
3.1.4.	Lesions associades a la utilització del cinturó de seguretat.....	31
3.1.5.	Lesions associades a deformacions de l'habitacle.....	32
4.	DEFINICIÓ I BREU RECORREGUT HISTÒRIC SOBRE ELS CONCEPTES GENERALS DE L'ÀMBIT URBÀ	36
4.1.	Definició del concepte de ciutat.....	36
4.1.1.	Evolució del concepte de ciutat i espai urbà	36
4.1.2.	Concepte de ciutat vist des de diferents disciplines	38
4.1.3.	Característiques diferenciàries	41
4.1.4.	Tipologia de ciutats	43
4.2.	Breu recorregut històric sobre el desenvolupament del teixit urbà.....	46
4.2.1.	Origen: primers assentaments	46
4.2.2.	Trànsit de les poblacions rurals a les urbanes	48
4.2.3.	La situació actual: la ciutat global.....	52
4.3.	Establiment de la tipologia del creixement urbà.....	55
4.3.1.	Com creixen les ciutats: Quins tipus de creixement són possibles?.....	55
4.3.2.	Model de creixement Europeu	59
4.3.3.	Model de creixement d'Espanya.....	64
4.3.4.	Model de creixement de Catalunya.....	66
4.4.	Aproximació a la comprensió dels entorns metropolitans	69
4.4.1.	Definició d'entorn metropolità.....	69
4.4.2.	Repercussió dels creixements als entorns immediats.....	71
4.4.3.	Problemàtiques generades pel creixement urbà	74
4.5.	Les xarxes de ciutats	76
4.5.1.	Definició d'una xarxa de ciutats	76
4.5.2.	Explicació històrica de l'evolució de les xarxes urbanes	80
4.5.3.	Com es connecten les ciutats: Importància transport i telecomunicacions	81
4.6.	Evolució de la mobilitat a les ciutats	84
4.6.1.	Abans dels vehicles de motor d'explosió.....	84
4.6.2.	El motor d'explosió.....	86
4.6.3.	Democratització de l'ús particular de la mobilitat	88

4.6.4.	La influència del transport col·lectiu	90
4.7.	Evolució de l'accidentalitat de trànsit a les ciutats	92
4.7.1.	Abans dels vehicles de motor d'explosió.....	92
4.7.2.	El motor d'explosió.....	93
4.7.3.	Democratització de l'ús particular de la mobilitat	95
4.7.4.	Estratègies per apaivagar l'accidentalitat de trànsit	98
5.	DEFINICIÓ I CONCEPTES DE LA VARIABLE VELOCITAT	101
5.1.	Definició	101
5.1.1.	Velocitat com valor relatiu a la distància recorreguda	106
5.2.	Acceleració	107
5.2.1.	Tipologies.....	108
5.2.1.1.	Moviment uniforme	108
5.2.1.2.	Moviment rectilini uniformement accelerat	111
5.3.	Velocitat i detenció	117
5.3.1.	Adherència: resistència a l'avançament i a la detenció	117
5.3.2.	Distància de frenada.....	120
5.3.3.	Distància de reacció	121
5.3.4.	Distància de detenció	122
5.3.5.	Distància de detenció en funció dels pneumàtics i del paviment	122
5.4.	Concepte de velocitat relativa	126
5.4.1.	Velocitat relativa i percepció	126
5.4.2.	Avançaments i encaïments	128
5.5.	Velocitat i capacitat de maniobrar	130
5.5.1.	Maniobrabilitat i traçat.....	130
5.5.2.	Relació entre la maniobrabilitat i el coeficient de fricció	139
5.6.	Velocitat i presència de vianants.....	140
5.6.1.	Atropellaments	140
5.6.2.	Velocitat i projecció dels vianants	141
5.7.	Velocitat i camp visual.....	144
5.8.	Velocitat dels vianants	148
5.8.1.	Vianants i vehicles	148
5.8.2.	Factors de la reducció de la velocitat	152
5.8.3.	Velocitats relatives dels vianants	153
5.9.	Velocitat: percepció, incidència en els accidents i els atropellaments	154
5.10.	Mesures de protecció del vianants	161
5.10.1.	Nous models de capó	162
5.10.2.	Advanced Protection Systems (APROSYS)	165
5.10.3.	WATCH-OVER.....	166
5.10.4.	Airbags frontals.....	169
6.	L'ATENCIÓ A LA CONDUCCIÓ I ELS ERRORS DE MANCA D'ATENCIÓ	170
6.1.	L'atenció a la conducció i la seva aplicació al trànsit.....	170
6.2.	Factors endògens productors de distraccions	178
6.3.	Factors exògens productors de distraccions.....	182
6.4.	Distraccions més freqüents	183
7.	LA VARIABLE TEMPS DE REACCIÓ	187
7.1.	Definició	187

7.2.	Fases del temps de reacció (Percepció, Decisió i Actuació).....	189
7.2.1.	Temps de percepció.....	190
7.2.2.	Temps de decisió.....	191
7.2.3.	Temps d'actuació.....	191
7.3.	Distància de reacció	194
7.4.	Influència de l'edat	195
7.4.1.	Disminució de la capacitat sensitiva	195
7.4.2.	Disminució de la capacitat física.....	196
7.4.3.	Disminució de la capacitat psíquica	196
7.5.	Influència del període de conducció	197
7.5.1.	Els bioritmes	198
7.5.2.	La dificultat per mantenir l'atenció	200
7.5.3.	Els hàbits	200
7.5.4.	Els canvis ambientals	201
7.5.5.	L'entorn nocturn	201
7.6.	La influència de les substàncies narcòtiques.....	202
7.6.1.	Mecanismes d'acció de les drogues	203
7.6.2.	Tipus de drogues i la seva influència en la conducció de vehicles	204
7.6.3.	Efectes sobre la funció psicomotora	204
7.6.4.	Els efectes de l'alcohol a la conducció	206
8.	ELS ATROPELLAMENTS	214
8.1.	Definició	214
8.1.1.	Dades d'atropellaments.....	215
8.2.	Tipus d'atropellaments.....	221
8.2.1.	Força projecció del vianant (Forward Projection)	221
8.2.2.	Petita projecció del vianant i pas per sobre del vehicle (Wrap Trajectory).....	222
8.2.3.	Volteig per sobre el vehicle (Roof Vault o Somersault)	223
8.2.4.	Altres.....	224
8.3.	Particularitats dels atropellaments en zona urbana	224
8.3.1.	Relatius als vehicles	226
8.3.2.	Relatius a les condicions de visibilitat	227
8.3.3.	Relatius a la tipologia del contacte.....	231
8.4.	Danys materials registrats en atropellaments.....	232
8.5.	Lesivitats a les persones registrades en atropellaments	237
8.5.1.	Lesions cranials.....	240
8.5.2.	Trepitjades.....	243
9.	LA RECONSTRUCCIÓ D'ACCIDENTS DE TRÀNSIT	244
9.1.	Interès i necessitat de la Reconstrucció.....	244
9.2.	Informació disponible	246
9.2.1.	Dades subministrades per tercers	246
9.2.2.	Dades generades (deduïdes i calculades) pel tècnic reconstructor.....	247
9.3.	Mètodes d'anàlisi	252
9.4.	Eines Principals.....	260
9.4.1.	La Física.....	260
9.4.2.	Els programes informàtics.....	261
9.4.3.	Eines gràfiques.....	264

9.5.	Estratègies de representació	265
9.6.	Valor afegit de la creació d'una base de dades	270
10.	MÈTODE DE SELECCIÓ DE LA BASE D'ESTUDI	272
11.	MÈTODE D'ANÀLISI DELS CASOS D'ESTUDI	273
11.1.	Selecció dels casos d'estudi	273
11.2.	Inventari de la informació de cada cas d'estudi	275
12.	INVENTARI DE LES VARIABLES CALCULADES RELLEVANTS.....	289
12.1.	Velocitat inicial del vehicle implicat a l'atropellament	289
12.2.	Velocitat d'impacte del vehicle implicat a l'atropellament	290
12.3.	Velocitat màxima de la via	291
12.4.	Velocitat màxima d'Evitabilitat.....	291
12.5.	Velocitat del vianant	292
12.6.	Temps d'exposició al risc del vianant previ a l'atropellament	294
12.7.	Temps de frenada a la velocitat de la via.....	296
12.8.	Evitabilitat de l'atropellament a la velocitat inicial del vehicle.....	296
12.9.	Evitabilitat de l'atropellament a la velocitat màxima permesa	297
12.10.	Posició del vehicle en el moment de generació de la situació de risc.....	298
12.11.	Posició del vehicle en el moment d'inici de la maniobra de creuament del vianant.....	299
12.12.	Descens de la lesivitat a velocitats inferiors a la màxima permesa.....	299
13.	ANÀLISI METODOLÒGIC DE LA VARIABLE EVITABILITAT	303
13.1.	Presentació del concepte evitabilitat	303
13.2.	Utilitat de la definició del concepte evitabilitat	303
13.3.	Diagrama: representació gràfica inter-connexió variables.....	304
13.4.	Definició categòrica i integració de variables.....	305
13.5.	Evitabilitat: traspàs de variable booleana a variable contínua	306
14.	MODEL ESTADÍSTIC EXPLICATIU DEL CONCEPTE D'EVITABILITAT EN ELS ATROPELLAMENTS DE PEATONS A ZONA URBANA	307
14.1.	Objectiu del model.....	307
14.1.1.	Variables a explicar. Les mesures relatives a l'Evitabilitat.....	307
14.1.2.	Les variables explicatives	307
14.1.3.	Els models estadístics.....	308
14.2.	EXPLORACIÓ DE LES VARIABLES DEL MODEL.....	308
14.2.1.	Evitabilitat.....	308
14.2.2.	Índex d'evitabilitat a velocitat vehicle	308
14.2.3.	Índex d'evitabilitat a velocitat màxima permesa.....	309
14.2.4.	Les variables explicatives	311
14.3.	Primer model: model per l'índex d'evitabilitat a velocitat vehicle.....	312
14.3.1.	Exploració de la relació bivariant previ al model multivariant	312
14.3.2.	Model de regressió lineal múltiple sobre l'índex d'evitabilitat a la velocitat inicial del vehicle	318
14.3.3.	Model final de l'índex d'evitabilitat a la velocitat inicial del vehicle.....	321
14.4.	Segon model: model per l'índex d'evitabilitat a velocitat permesa.....	323
14.4.1.	Exploració de la relació bivariant previ al model multivariant	323
14.4.2.	Model de regressió lineal múltiple sobre l'índex d'evitabilitat a la velocitat	

màxima permesa	328
14.4.3. Model final de l'índex d'evitabilitat a la velocitat màxima permesa	329
14.5. Tercer model: L'evitabilitat	331
14.5.1. Exploració de la relació bivariant previ al model multivariant	331
14.5.2. Model de regressió logística de l'evitabilitat	336
14.5.3. 14.5.3. Model final de l'evitabilitat	337
15. CONCLUSIONS i PROPOSTES DE CONTINUÏTAT PER NOVES LÍNIES DE RECERCA	340

0. DICIONARI DE SIGLES I ACRÒNIMS

Diccionari de Sigles:

- a: Acceleració
- α : Angle unidimensional
- β : Angle bidimensional
- d: Diferencial
- E: Energia
- E_c : Energia cinètica
- F: Força
- F_c : Força centrífuga
- F_r : Força de fregament o lliscament
- g: Acceleració de la gravetat (9,8 m/s²)
- H: Diferència d'altura
- I: Moment d'inèrcia
- i: Error de la mostra
- m: Massa
- μ : Coeficient
- N: Normal
- n: Mida de la mostra
- P: Pes
- p: Prevalença esperada del paràmetre a avaluar
- Q: Punt
- \vec{u} : Vector unitari
- R: Factor de reducció
- r: Vector de posició
- \vec{r} : Vector distància tridimensional
- ρ : Densitat
- s: Longitud de lliscament
- t: Temps
- v: Velocitat
- V: Volum
- ω : Velocitat angular
- x, y, z: Posició o distància unidimensional
- Z: Valor corresponent a la distribució de Gauss, $Z_{\alpha=0,05}=1,96$ i $Z_{\alpha=0,01}=2,58$
- Ω : Factor de correcció

Diccionari d'Acrònims:

- AAAM: Association for the Advancement of Automotive Medicine
- ACTAR: Accreditation Commission for Traffic Accident Reconstruction
- AMB: Àrea Metropolitana de Barcelona
- ANFAC: Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones
- AIS: Abbreviated Injury Scale
- APROSYS: Advanced Protection Systems
- CEMT: Conferencia Europea de Ministros de Transportes
- CESVIMAP: Centro de Experimentación y Seguridad Vial Mapfre
- CIDAUT: Centro de Investigación y Desarrollo en Automoción
- DGT: Dirección General de Tráfico
- DIBA: Diputació de Barcelona
- DRAE: Diccionario de la Real Academia Española
- EES: Energy Equivalent Speed
- FMVSS: Federal Motor Vehicle Safety Standards
- GIDAS: German In-Depth Accident Study
- HIC: Head Injury Criterion
- INE: Instituto Nacional de Estadística
- INTRAS: Institut de Recerca en Tràfic i Seguretat Vial
- MSSSI: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad
- NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration
- OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos
- OMS: Organització Mundial de la Salut
- ONU: Organització de les Nacions Unides
- PCDS: Pedestrian Crash Data Study
- PEDSAFE: Pedestrian Safety Guide and Countermeasure Selection System
- PNSD: Pla Nacional Sobre Drogues
- SCT: Servei Català de Trànsit
- SNRA: Strategic National Risk Assessment
- TMB: Transport Metropolità de Barcelona
- UNED: Universidad Nacional de Educación a Distancia
- UPC: Universitat Politècnica de Catalunya
- WAD: Wrap Around Distance

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Àmbit d'estudi

Hores d'ara la problemàtica de l'accidentalitat de trànsit té una importància del tot rellevant: els costos socials (ferits, seqüeles irreversibles, morts, etc.) i econòmics (prevenció, sanitaris, lucre cessant, etc.) que produeixen, fan que la societat demostrï una preocupació del tot justificada per aquest fet.

Els continus avenços tecnològics en el control i la gestió del trànsit han de tenir un reflex proporcionat en la disminució de l'accidentalitat. La regulació de la velocitat de desplaçament dels vehicles a motor en zona urbana és un element primordial per aquest objectiu. La seva regulació, jerarquització i en definitiva el seu tractament global té una incidència directa en l'accidentalitat de trànsit.

Està clara la necessària distinció existent entre la circulació de vehicles en zona urbana i zona interurbana. Una de les principals a tenir en compte és que en zona urbana els vehicles circulen per entorns on hi ha una presència continua d'altres vehicles, senyals i elements regulatoris del trànsit, mobiliari urbà i, sobretot, vianants.

En cas d'accident en un entorn urbà és molt probable que intervinguin altres vehicles i vianants. En canvi, en cas d'accident en un entorn interurbà és molt fàcil que no s'hi vegin implicats vianants, i ni tan sols altres vehicles.

El vianants són extremadament fràgils en cas de ser atropellats per un vehicle. En aquest sentit existeix una relació directa entre velocitat de circulació del vehicle i grau de lesivitat¹ que pot induir a un vianant.

Existeixen nombrosos estudis que correlacionen la velocitat a la que es produeix un atropellament amb la gravetat de les lesions patides. I que porten a concloure que en els atropellaments en que el vehicle circulava per sota de 36 km/h les lesions solen ser poc greus i moderades.

Diferents estudis mostren l'existència d'una frontera definida entre velocitat d'atropellament i mortalitat del vianant atropellat.

L'Organització Mundial de la Salut (OMS) destaca en el "*Informe sobre la situació mundial de la seguretat vial*" publicat a l'any 2009 la visió dels traumatismes per accidents de trànsit com un problema mundial de salut i desenvolupament. Es considera que tots els anys, més d'1,2 milions de persones moren com a conseqüència d'accidents en les vies de trànsit, i altres 50 milions sofreixen traumatismes (OMS, *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de pasar a la acción*, 2009).

¹ El terme lesivitat no existeix al diccionari de la Llengua catalana; sí en el de la RAE i és d'ús freqüent en l'àmbit de les asseguradores de vehicles i en els entorns relacionats amb els accidents de trànsit. En la present tesi el farem servir com a definidor de caràcter lesiu.

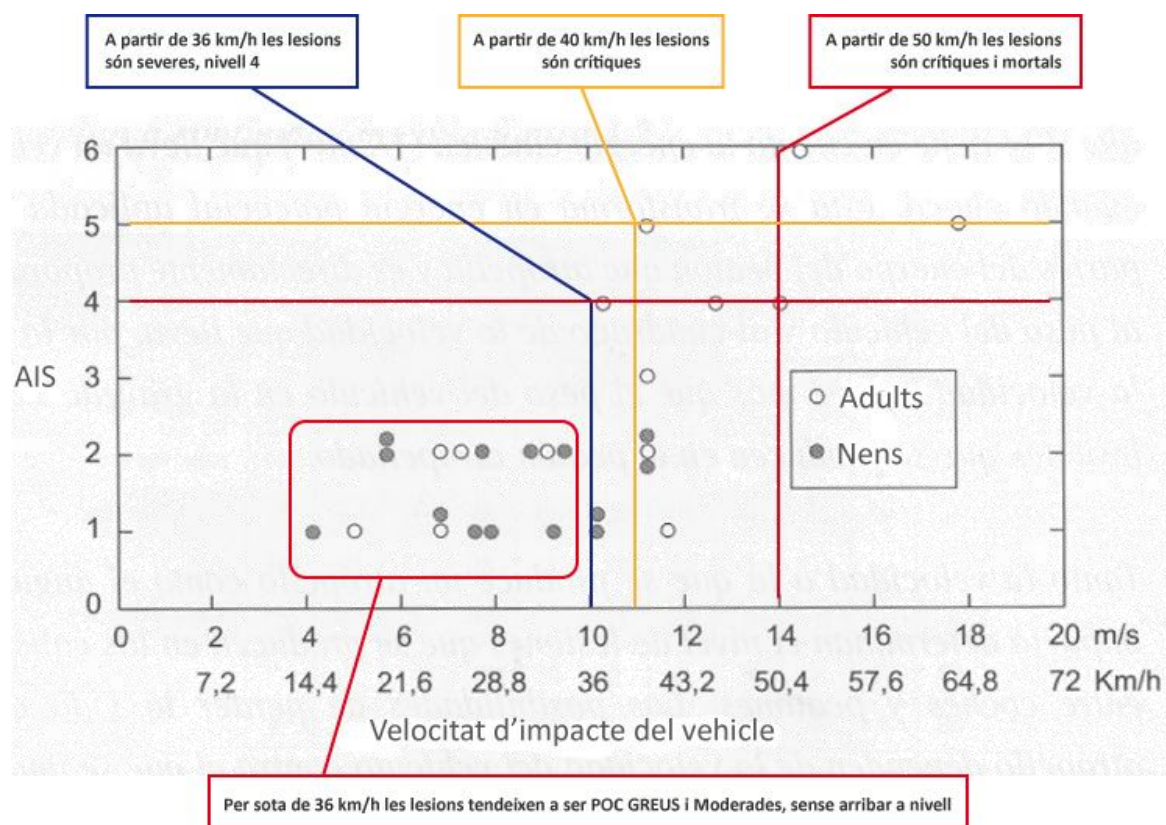


Figura 1.1 Risc de lesions i defuncions de vianants en funció de la velocitat d'impacte del vehicle.
Font: The Strategic National Risk Assessment (SNRA).

Entre el 40-80 % de les persones atropellades a 50 km/h pateixen lesions mortals tal i com es mostra la figura 1.1 on s'integren dades de tres estudis, i on es pot observar com a crític el límit de 35 km/h; i com, per la seva elevada mortalitat s'hauria d'eliminar la possibilitat que en entorn urbà es produïssin atropellaments amb vehicles circulant per sobre de 70 km/h.

L'anterior figura es regeix per l'índex AIS (Abbreviated Injury Scale), el qual classifica el nivell de gravetat o severitat de lesió en sis categories, en una escala ordinal de menor gravetat (1) a major (6) (AAAM, 2011).

Taula 1.1 Correspondència entre els nivells de l'escala AIS, la seva severitat i seva fatalitat. Font: "Mizumo, 2005".

AIS	Severitat	Fatalitat
0	Ninguna	
1	Menor	0.0
2	Moderada	0.1 – 0.4
3	Seria	0.8 – 2.1
4	Severa	7.9 – 10.6
5	Crítica	53.1 – 58.4
6	Màxima lesió (virtualment sense possibilitats de supervivència)	100

La velocitat té greus conseqüències quan un vianant està involucrat. Segons destaca el Departament de Transports del Regne Unit, un vianant atropellat a 64,4 km/h té una probabilitat del 85 per cent de patir conseqüències fatals; a 48,3 km/h, la probabilitat es redueix a un 45 per cent, mentre que a 32,2 km/h, la taxa de mortalitat és de només el 5 per cent.

Velocitats més elevades augmenten la probabilitat que un vianant sigui copejat, doncs a velocitats elevades, els conductors són menys propensos a veure a un vianant, i és encara menys probable que sigui capaç de parar a temps per evitar colpejar a un vianant (PEDSAFE, 2013).

Estudis realitzats sobre els atropellaments ens diuen que, els que es produeixen a una velocitat inferior a 32 Km/h, mor el 10% dels atropellats, però si la velocitat està per sobre de 64 km/h aquest percentatge arriba fins al 90%. Són xifres alarmants que deixen al descobert la fragilitat de les persones i la major atenció que mereixen en la recerca i reconstrucció de sinistres vials.

Segons dades estadístiques de la DGT, a l'any 2012 van morir a Espanya 376 vianants en accidents de trànsit, la qual cosa suposa el 20% del total de morts. 1.916 van resultar ferits greus, el 18 % del total de ferits greus i 8.859 van ser ferits lleus, el 8% del total corresponent (Murrieta, 2012).

En aquest sentit, les lesions de caràcter mortal induïdes a vianants estan exclusivament associades amb elevades velocitats de circulació de turismes. El fet que la practica totalitat d'atropellaments ocasionats per vehicles circulant a més de 70 km/h produeixi la mort del vianants podria ser la referència de velocitat màxima de circulació de vehicles en entorn urbà. La majoria de les víctimes dels atropellaments en zona urbana són nens, persones grans o persones amb poca mobilitat o discapacitats psíquics.

Una persona circula entre 3 i 5 km/h, és a dir, entre 0,83 i 1,38 metres a cada segon. Un vehicle sobre el límit de velocitat en zona urbana circula a 50 km/h, és a dir, a 14 metres per segon. Una regulació de la velocitat en zona urbana no solament apaivagaria la gravetat de les lesions, també significaria un descens en els contactes entre vehicles i persones. Es reduirien la gravetat de les lesions i també les possibilitats de produir-se.

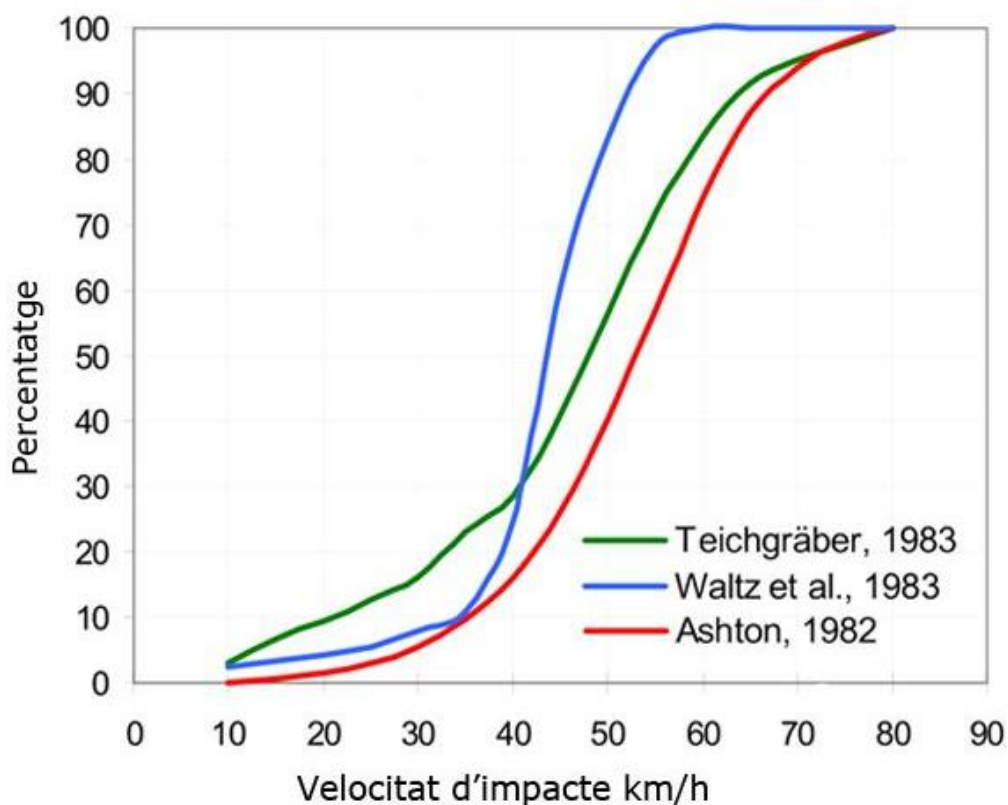


Figura 1.2 Defuncions de vianants en funció de la velocitat d'impacte del vehicle. Font: SNRA.

Els resultats dels tres estudis assenyalats: Teichgräber (1983), Ashton (1982) i Waltz (1983), mostren que el risc de lesions fatals oscil·la entre el 5% i el 15% a 30 Km/h, entre el 40% i el 80% a 50 Km/h i per sobre del 95% a més de 70 Km/h. A més, un altre estudi, mostra que la influència de la velocitat és determinant en els efectes dels accidents, de tal forma que el nombre d'accidents que ocasionen danys personals és proporcional al quadrat de l'increment de la velocitat, i el nombre d'accidents és proporcional a la quarta potència d'aquest increment (Nilsson, 2000).

2. OBJECTE DE LA TESI

2.1. Objectiu principal

La present tesi pretén analitzar els atropellaments produïts en entorns urbans, de cara a extreure conclusions relatives a les seves causes, les circumstàncies de la via i de les persones i vehicles implicats en el moment de l'accident.

L'objectiu general d'aquesta tesi està centrat en l'anàlisi de la regulació de la velocitat dels vehicles a motor en zona urbana i de com la velocitat màxima permesa, deriva en una velocitat mitja de desplaçament que produeix una sèrie de contactes entre vehicles i persones (atropellaments), tot ocasionant accidents amb lesionats y/o morts.

L'objectiu concret d'aquesta recerca és presentar l'exploració, l'anàlisi i els resultats d'un model estadístic per explicar diferents aspectes relacionats amb el concepte de l'Evitabilitat dels Atropellaments a Vianants en zona urbana, a partir d'un conjunt de variables explicatives contingudes en una base de dades relativa a casos d'accidents on han participat vianants.

La majoria de desplaçaments realitzats a les zones urbanes són a peu i la majoria d'unitats amb moviment són vianants. Una societat socialment avançada defensa la qualitat de vida a les ciutats i això inclou el deure de protegir els interessos dels vianants: nens, persones grans, discapacitats, i en definitiva totes les persones que caminem per les ciutats encara que sigui poc.

Una de les grans batalles dels països del primer món en els propers anys serà trobar espais de qualitat de vida a les ciutats. El model nord-americà del pioner no és sostenible ni ecològic, i el ciutadà exigent voldrà viure a una ciutat còmoda, verda i silenciosa. Evidentment aquests requisits passen per una gestió diferent de la mobilitat i un tractament alternatiu als privilegis que el vehicle privat disposa fins el moment.

Tots som vianants, la nostra parella, els nostres fills, els nostres pares, els nostres avis, nosaltres mateixos quan no utilitzem el vehicle privat o el transport públic. Ben segur que volem que els nostres éssers estimats gaudeixin de seguretat i confort a l'hora de circular a peu per la ciutat. No és acceptable l'idea que la circulació de vehicles a motor és necessàriament un risc i que per tant, els vianants han d'estar en estat d'alerta permanent. El paradigma de la maximització de les vies per a la circulació de vehicles de trànsit rodat i l'excitació tecnològica per aconseguir augmentar els llindars de les velocitats mitjanes dels vehicles, produeix un efecte d'apreciació incorrecte: els vianants són percebuts com uns altres usuaris de la via pública.

Els més dèbils, les persones grans, els nens i els discapacitats, fan una utilització de la via a un ritme diferent dels altres usuaris. Aquesta qüestió hauria de ser capital a l'hora de plantejar la velocitat màxima en zona urbana.

L'objecte d'aquesta tesi radica en l'anàlisi de la velocitat a la que circulaven els vehicles que han entrat en contacte en persones en un accident (atropellament).

Un cop determinat el rang de velocitats de desplaçament a la que circulaven els vehicles que han atropellats a vianants en zona urbana causant lesions greus o la mort, determinarem a quina velocitat de desplaçament teòrica no s'hagués produït l'accident.

La intenció final està centrada en correlacionar el descens de la velocitat i el descens d'atropellaments. D'aquesta manera, es podran establir estratègies de disseny de vies, de normatives aplicables i d'estratègies de prevenció davant situacions adverses, que permetin reduir el nombre i la severitat derivada en aquest tipus d'accidents.

2.2. Objectius secundaris

1) Creació d'una base de dades general per a l'explotació de variables rellevants en un accident de trànsit. En aquesta recerca s'han analitzat dades, que en la seva versió maximalista ascendirien a uns 250 registres, distribuïts en diferents categories ben diferenciades i tractant-se de dades de diversa naturalesa (numèrics, cadenes, booleans...). La gestió d'aquestes dades mitjançant una única taula es planteja doncs complicada, tornant-se inviable si analitzem que algunes de les dades es relacionen amb diferents cardinalitats.

Tot això, va portar a concloure que l'única alternativa viable per analitzar el problema era la creació d'una base de dades.

Quant al Sistema Gestor de la Base de dades, es va optar per implementar en Microsoft Access, considerant que . per a l'anàlisi que es presenta en l'actual Tesi, no es precisava d'un altre sistema més robust, segur i ràpid.

No obstant, i en consideració que posteriorment es pot passar a una ampliació de la base de dades que contempli tot tipus d'accidents, la concepció de la base de dades ha estat realitzada contemplant la futura migració de la mateixa a un altre Sistema Gestor de Base de dades com Oracle, MY SQL o SQL Server.

L'elaboració de la base de dades va consistir en un primer moment en la definició, sobre la base de l'experiència com reconstructor d'accidents, dels camps que havia de contenir la base i les taules que els haurien d'albergar. Una vegada definits els camps i taules es va passar a l'anàlisi de les relacions i cardinalitats de les mateixes que la base hauria de contenir, per posteriorment plasmar les taules i relacions en un esquema relacional i un diagrama d'entitat - relació. Com a fase final de concepció de la base de dades, es van implementar les taules i relacions i es va testejar la base mitjançant la introducció d'un nombre reduït de dades i la creació de consultes, de cara a comprovar que la base de dades funcionava correctament.

La introducció de les dades a la Base ha estat efectuada mitjançant l'anàlisi detallada d'atestats i informes de reconstrucció. El procés d'introducció de dades ha estat controlat en tot moment mitjançant la creació de consultes de control durant el procés d'introducció.

Una vegada introduïdes les dades, aquestes han estat explotades mitjançant la utilització de Consultes SQL d'agrupació, recompte i selecció, bolcats en formularis preestablerts i exportats per al seu tractament numèric i gràfic en una fulla de Microsoft Excel. L'anàlisi estadística posterior de les dades, ens hauria permès extreure les conclusions que seran exposades en el desenvolupament de la memòria.

2) Presentació del coneixement d'una comunitat professional: els reconstructors d'accidents de trànsit.

La reconstrucció de l'accident de trànsit és el procés científic d'investigar, analitzar i treure conclusions sobre les causes i els esdeveniments durant un accident. Els reconstructors

realitzen l'anàlisi de col·lisió en profunditat i la reconstrucció per identificar la causa i els factors que contribueixen en diferents tipus d'accidents.

Les lleis bàsiques de la física i l'enginyeria, com ara la conservació del moment lineal, i de la energia, la cinemàtica i la dinàmica són la base d'aquests anàlisis. La reconstrucció d'accidents proporciona un anàlisi rigorós d'un expert que els afectats poden presentar a judici. Els resultats de les reconstruccions d'accidents també són útils en el desenvolupament de recomanacions per a la construcció de carreteres i autopistes més segures, així com millorar els aspectes de seguretat dels dissenys dels vehicles.

A grans trets la reconstrucció d'un accident de trànsit pot entendre's com l'explicació més encertada, propera i/o probable, que mitjançant l'ús de les lleis de la física, expliqui com va ocórrer aquell accident.

L'autor d'aquesta recerca, ha pogut comprovar de primera ma, que la producció científica i acadèmica dedicada al tema de la Reconstrucció d'Accidents de Trànsit és molt escassa, un fet poc comprensible si copsem la importància que es deriva de la sinistralitat relacionada amb la circulació de vehicles.

Per això també s'ha plantejat com un objectiu a aconseguir per aquesta tesi, el presentar a la comunitat científica-acadèmica el coneixement general de la Comunitat dels Reconstructors d'accidents de Trànsit, mitjançant un tema cabdal: l'Evitabilitat.

L'autor espera, modestament, que a partir d'aquesta iniciativa i l'esforç realitzat, enginyers dedicats a la recerca i acadèmics, prenguin interès en desenvolupar noves línies de recerca i investigació.

2.3. Contribució prevista

Els atropellaments són accidents que es produeixen amb una freqüència molt significativa en els entorns urbans. D'altra banda i donat el potencial lesiu que té aquest tipus d'accident, l'anàlisi d'aquesta problemàtica és fonamental de cara a reduir el nombre de morts i ferits greus en accidents de trànsit.

En termes generals, de l'ordre del 40% dels morts en accidents de trànsit en entorns urbans es produeixen en dinàmiques d'atropellament. En aquest anàlisi, l'estudi de les velocitats dels vehicles és un factor clau ja que a partir dels 70 km/h la probabilitat de supervivència és pràcticament nul·la, mentre que a velocitats de l'ordre de 30 km/h, la probabilitat de morir com a conseqüència d'un atropellament es redueix d'una forma molt significativa. Un altre factor a considerar és el tipus de vehicle implicat, un vehicle pesat a igual velocitat té un potencial de causació de lesions molt superior al d'un vehicle menys massiu.

La contribució original que es preveu es deriva de l'estudi de la velocitat de desplaçament dels vehicles a motor en zona urbana, conjuntament a variables com: capacitat de concentració, manca d'atenció i temps de reacció, per determinar la seva influència global en

la consecució dels atropellaments a les ciutats.

Aquest anàlisi ens permetrà establir una correlació entre el descens de la velocitat de desplaçament en zona urbana dels vehicles a motor i el descens dels atropellaments o de la gravetat de les lesions ocasionades.

En aquesta recerca es presenta l'exploració, l'anàlisi i els resultats d'un model estadístic per explicar diferents aspectes relacionats amb el concepte d'Evitabilitat dels Atropellaments a Vianants en zona urbana a partir d'un conjunt de variables explicatives contingudes en una base de dades relativa a casos d'accidents on han participat vianants.

El models estadístics escollits depenen del tipus de variable a explicar.

Per la variable Evitabilitat, al ser de tipus dicotòmic (0/1), s'utilitzarà un model de regressió logística que permetrà explicar l'efecte que té cadascuna de les variables explicatives sobre la variable resposta (Evitabilitat).

En canvi, per les altres dues variables a explicar, els Índex d'Evitabilitat, s'utilitzaran models de regressió lineal múltiple capaços de modelitzar variables numèriques contínues en la resposta tal com són les variables a modelitzar.

Resumint, analitzarem el impacte que té la reducció gradual de velocitat de desplaçament dels vehicles a motor que circulen per les ciutats i les zones urbanes dels pobles, sobre el descens dels atropellaments i l'apaivagament del resultat lesiu dels contactes.

3. TIPOLOGIES DELS ACCIDENTS DE TRÀNSIT

3.1. Definició i tipologies dels accidents de trànsit

Un gran nombre de cossos entren en contacte al nostre entorn habitual, és a dir coincideixen en un punt de l'espai a un mateix instant temporal. Quan en aquesta mena de contacte participa un vehicle emprat per les persones per fer un desplaçament, diem que es tracta d'un accident de trànsit.

En base a aquest punt de partida podem distingir 3 tipus d'accidents de trànsit:

Col·lisions entre vehicles: Es produeix quan entren en contacte dos o més vehicles. Hi ha diferents tipologies de col·lisions entre vehicles (impacte frontal, lateral, atrapament, fregament, etc.) que seran descrites més endavant.



Figura 3.1 Exemple de col·lisió entre vehicles. Font: Elaboració pròpia.

Col·lisió d'un vehicle amb un element estàtic de la via o dels seus marges: Es produeix quan entra en contacte un vehicle amb un element estàtic de la via o dels marges d'aquesta. Es tracta d'un tipus d'accident que se sol associar a una conducció desatenta, a una pèrdua de control sobre el vehicle o a la presència d'elements a l'interior de la via.



Figura 3.2 Exemple de col·lisió vehicle amb un element estàtic de la via. Font: Elaboració pròpia.

Atropellament: Es tracta d'un tipus d'accident en el qual un vehicle entra en contacte amb un o més vianants.



Figura 3.3 Exemple d'atropellament. Font: Elaboració pròpia.

Un cop feta la introducció dels conceptes d'accident i atropellament, tot seguit es recolliran les definicions d'aquests conceptes establertes per organismes oficials.

El Diccionari de la Llengua Catalana, de l'Institut d'Estudis Catalans defineix un accident com²:

- *Allò que va rompre el curs regular de les coses*".
- *Esdeveniment casual que comporta un dany, que té conseqüències funestes*".

Les definicions són gairebé coincidents amb les del Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua (DRAE)³, que dóna les definicions següents:

- *Suceso eventual que altera el orden regular de las cosas*".
- *Suceso eventual o acción de que involuntariamente resulta daño para las personas o las cosas*".

Així doncs, tot i que les definicions oficials d'accident no són específiques dels accidents de trànsit, sinó que encalquen un concepte més general, per la qual cosa és més útil i precisa la definició aportada pel portal electrònic TermCat⁴, en el qual es defineix l'accident de trànsit com:

- *Esdeveniment fortuït de causes atribuïbles a un conductor o un vianant, un vehicle o una via i el seu entorn, generalment violent, que es produeix o té el seu origen en una via pública o en un terreny objecte de la legislació del trànsit, en el qual està implicat com a mínim un vehicle de motor o un ciclomotor en moviment, i que produeix danys materials o víctimes*".

2 <http://dlc.iec.cat/>

3 <http://rae.es/recursos/diccionarios/drae>

4 <http://www.termcat.cat/ca>. El TERMCAT és el centre de terminologia de la llengua catalana, creat el 1985 per la Generalitat de Catalunya i l'Institut d'Estudis Catalans.

Pel que fa a l'atropellament, el DLC el defineix com:

- *Acció d'atropellar o atropellar-se; l'efecte*".
- *Investir (algú) amb violència, especialment amb un vehicle*".

De la mateixa manera, La RAE defineix "atropello" com:

- *Acción y efecto de atropellar o atropellarse*".
- *Pasar precipitadamente por encima de alguien*".
- *Derribar o empujar violentamente a alguien para abrirse paso*".
- *Dicho de un vehículo: Alcanzar violentamente a personas o animales, chocando con ellos y ocasionándoles, por lo general, daños*".

Per altra banda el Diccionari de la Llengua Catalana, del Institut d'Estudis Catalans defineix l'atropellament com:

- *Investir violentament (una persona o un animal), especialment amb un vehicle, causant dany*".

De nou, una definició més precisa es pot trobar al portal TermCat: atropellament:

- *Accident múltiple en què un vehicle de motor o un ciclomotor envesteix un vianant*".

I inclou una nota prou important:

Nota: També es parla d'atropellament quan una bicicleta és envestida per un vehicle de motor o un ciclomotor.

Així doncs, tal i com s'ha realitzat anteriorment, podríem definir un atropellament com:

Acció duta a terme per un vehicle, que consisteix en envestir amb violència a una persona o animal.

Els atropellaments seran doncs un cas particular dels accidents de trànsit en els quals es troben implicats vehicles i vianants.

3.1.1. Introducció al concepte

Tal com s'ha dit, els accidents de trànsit són esdeveniments on conflueixen o poden confluïr vehicles, persones i elements viaris que es troben a l'interior de la via.

Donades les diferents tipologies de vehicles o d'elements viaris, així com la disparitat existent entre persones, o en les circumstàncies que els han pogut dur a la situació de risc, poden aparèixer nombroses tipologies diferents d'accidents, així com molts matisos dins una mateixa tipologia d'accident.

3.1.2. Tipologies d'accident

Tot i això, es poden establir unes tipologies bàsiques d'accidents:

- **Atropellament:** Es tracta d'una tipologia d'accident en la qual un vehicle impacta amb un o més vianants.



Figura 3.4 Exemple d'atropellament. Font: Elaboració pròpia.

- **Col·lisió frontal entre vehicles:** Es tracta d'un tipus de col·lisió en la qual impacten les bandes o parts frontals de dos vehicles.



Figura 3.5 Exemple de col·lisió frontal. Font: Elaboració pròpia.

- **Col·lisió frontolateral:** Es tracta d'un tipus de col·lisió en la qual impacta la banda frontal d'un vehicle amb la banda lateral d'un altre.



Figura 3.6 Exemple de col·lisió frontolateral. Font: Elaboració pròpia.

- **Col·lisió per darrere o encalç:** Es tracta d'un tipus de col·lisió en la qual impacta la banda frontal d'un vehicle amb la banda posterior d'un altre.

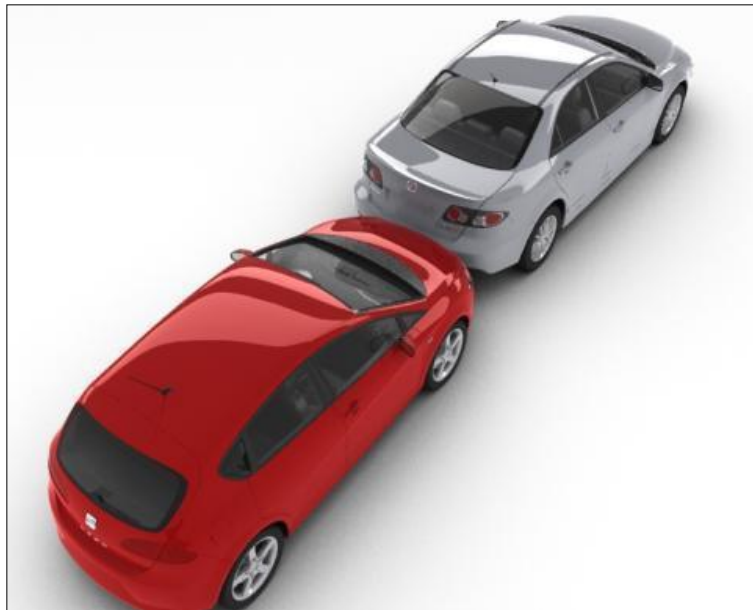


Figura 3.7 Exemple d'encalç. Font: Elaboració pròpia.

- **Fregament lateral:** Es tracta d'un tipus de contacte entre els laterals dels vehicles.



Figura 3.8 Exemple de fregament lateral. Font: Elaboració pròpia.

- **Pèrdua de Control:** Es tracta d'un tipus d'accident en el qual el conductor perd el control sobre el seu vehicle. En el cas de les motocicletes, sol anar acompanyat d'una caiguda dels ocupants sobre el paviment de la via.



Figura 3.9 Exemple de pèrdua de control. Font: Elaboració pròpia.

- **Trepitjada:** Es tracta d'una tipologia d'accident en la qual el vehicle passa per sobre d'una persona. Sol anar acompanyada d'un atropellament previ tot i que es pot produir també com a conseqüència de que el vianant es trobi sense verticalitat sobre el paviment o enganxat als baixos del vehicle.



Figura 3.10 Exemple de trepitjada. Font: Elaboració pròpia.

- **Accident múltiple:** Es tracta d'un tipus d'accident en el qual es troben implicats més de dos vehicles. Sol tenir associada la pèrdua de control d'alguns dels vehicles prèvia o posteriorment a la col·lisió.

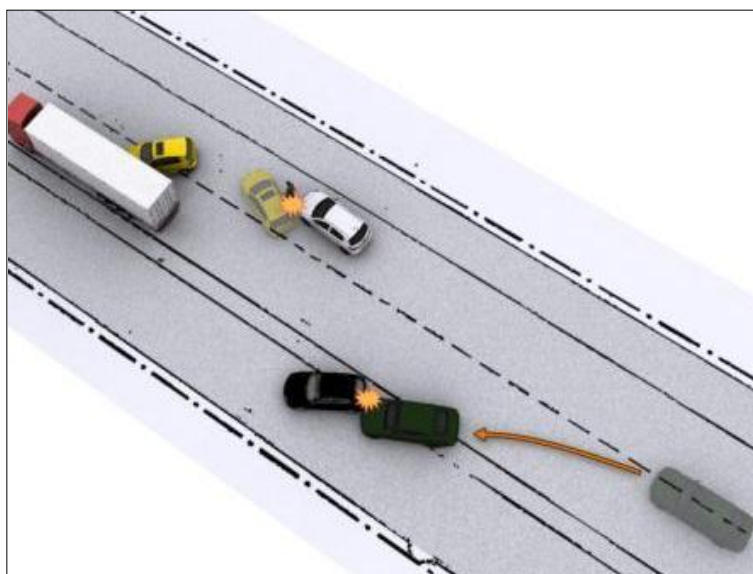


Figura 3.11 Exemple d'accident múltiple. Font: Elaboració pròpia.

- **Impactes contra elements viaris o dels seus marges:** Es tracta d'un tipus d'accident en el qual el vehicle impacta contra elements viaris, dels seus marges o contra elements aliens a la via, però que es troben en el seu interior.



Figura 3.12 Exemple d'accident contra element viari o dels seus marges. Font: Elaboració pròpia.

- **Altres:** Es tracta d'accidents no contemplats en les categories anteriors, normalment es tracta de caigudes dels ocupants del vehicle, sense necessitat de tenir associada una pèrdua de control del vehicle. Molt sovint aquesta mena d'accidents es troba relacionada amb mals posicionaments dels ocupants en el vehicle o actituds imprudents que impliquen assumir una evident situació de risc.



Figura 3.13 Exemple d'accident relacionat amb un mal posicionament de l'ocupant del vehicle. Font: Elaboració pròpia.

Cal fer notar que un accident, pot incloure més d'una de les tipologies descrites, de tal forma que, per exemple, un accident múltiple, pot presentar una pèrdua de control, un contacte per fregament lateral i una col·lisió frontal.

D'altra banda, és necessari remarcar que es poden donar tipologies mixtes, com per exemple, el fet que no existeix una col·lisió purament frontal o purament lateral, sinó que presenta un

cert grau d'obliquïtat afectant a les bandes angulars dels vehicles.



Figura 3.14 Exemple d'accident amb grau d'obliquïtat o component angular. Font: Elaboració pròpia.

D'altra banda, remarcar que dins les categories establertes, poden haver-hi subcategories, de tal manera que per exemple en el cas dels fregaments laterals es pot diferenciar entre fregament positiu o fregament negatiu, dependent de si els vehicles circulen en el mateix sentit o ho fan en sentit contrari.



Figura 3.15 Exemple de fregaments laterals negatius (esquerra) i positius (dreta). Font: Elaboració pròpia.

Cal remarcar el fet que les tipologies de les col·lisions, a més de subministrar informació al voltant de la dinàmica de l'accident, ens poden servir per tal de determinar les velocitats i energies posades en joc en la col·lisió.

Així doncs, en el cas que dos vehicles circulin en la mateixa direcció, la velocitat relativa que es correspondrà en termes energètics amb la velocitat real d'impacte, serà la resta de les velocitats dels vehicles, mentre que quan els vehicles circulen en sentit contrari la velocitat

relativa serà la suma de les seves velocitats. En el cas d'una col·lisió frontolateral, la velocitat d'impacte serà la corresponent a la del vehicle que impacta.

Així doncs, a l'hora d'avaluar la gravetat dels danys i lesions derivades d'un accident, s'han de tenir en consideració la tipologia i la velocitat relativa a la qual s'ha produït el impacte.

– **Col·lisió per darrere o encaç**



v_1 \longrightarrow $v \text{ relativa} = v_1 - v_2$ v_2 \longrightarrow

– **Col·lisió frontolateral**



v_1 \longrightarrow $v \text{ relativa} = v_1$ $v_2 = 0$

– **Col·lisió frontal**



v_1 \longrightarrow $v \text{ relativa} = v_1 + v_2$ \longleftarrow v_2

En termes qualitativs, podem efectuar la següent graduació de potencials lesius:

**Col·lisió frontal entre
vehicles**



**Potencial lesiu
elevat**

Col·lisió frontolateral



Potencial lesiu mitjà

**Col·lisió per
darrere**



**Potencial lesiu
reduït**

Figura 3.16 Relació entre el tipus de col·lisió i el potencial lesiu d'aquest. Font: Elaboració pròpia.

Conseqüències dels accidents

La magnitud de la col·lisió i conseqüentment, de les seves conseqüències, es troba directament relacionada amb l'energia que arriben a dissipar els cossos durant el contacte. L'energia que potencialment pot dissipar un cos en un contacte està en relació a la seva massa i velocitat. Com més elevades, més quantitat d'energia potencialment dissipable i per tant, major risc de patir canvis i d'induir-los en els altres cossos.



Figura 3.17 Deformacions derivades d'un impacte frontal. Font: Elaboració pròpia.

La quantitat d'energia que es pot dissipar en un accident està en funció de la massa i velocitat dels elements que intervenen: vehicles, persones, càrregues i infraestructures. Al seu torn, les superfícies, angles i períodes de contacte també són determinants de la magnitud d'un accident.

El Principi de conservació de l'energia estableix que l'energia ni es crea ni es destrueix, sinó que es transforma. Quan es produeix un accident, l'energia que inicialment disposen els elements que intervenen es transforma en energia de fregament, de deformació, de desplaçament i també en energia calorífica.

Els elements que col·lideixen en un accident pateixen variacions de velocitat en un temps molt curt, que tendeix a generar forces intenses d'intercanvis d'energia. La magnitud dels intercanvis està en relació amb l'elasticitat dels elements i la seva capacitat per absorbir deformacions i dissipar calor.

Els vehicles són elements massius que circulen a una certa velocitat i per tant, que tenen associats una energia cinètica mentre es troben circulant.

Una col·lisió entre dos vehicles o entre un vehicle contra un element estàtic produeix un efecte barrera que implica l'acció de forces i una forta transferència de l'energia cinètica portada pel vehicle o vehicles que intervenen en la col·lisió. En produir-se el impacte, part de l'energia és pròpiament transferida d'un vehicle a un altre, o un element viari o vianant i part és absorbida pels materials dels vehicles o dels elements viaris.

En absorbir aquests materials, aquesta considerable quantitat d'energia i com a conseqüència de les forces externes aplicades sobre el material, deriva en trencaments o alteració dels enllaços atòmics i moleculars del material, traduint-ne en deformacions o fractures en el cas que sobrepassi la tensió de ruptura del material (Rivers, 2011).

La tipologia de la col·lisió serà determinant a l'hora d'avaluar els danys derivats de l'accident, per una banda per l'energia posada en joc i per altra per les diferents estructures i resistències que presenten els vehicles en les diferents parts del mateix.



Figura 3.18 Deformacions derivades en els accidents de trànsit. Font pròpia.

En relació amb la lesivitat derivada d'un accident, les lesions poden estar associades bàsicament a tres causes fonamentals. A continuació es detallen les principals lesions associades a cadascuna de les causes.

3.1.3. Lesions associades a la no utilització del cinturó de seguretat

En produir una col·lisió, els ocupants del vehicle pateixen acceleracions significatives associades a la inèrcia translacional. En el cas de no efectuar els ocupants ús del preceptiu cinturó de seguretat, aquestes acceleracions es poden traduir en dos fenòmens bàsics, que són la projecció dels ocupants fora de l'habitacle del vehicle i el impacte dels ocupants amb elements i/o persones de l'interior l'habitacle o amb el mateix habitacle.

En el cas de les projeccions fora de l'habitacle, les lesions derivades són anàlogues a les de les projeccions dels usuaris de vehicles no tancats, com són els politraumatismes, fractures òssies i medul·lars. En el cas de la projecció d'usuaris de vehicles tancats pren especial rellevància el traumatisme cranial, atès que en la majoria dels casos la projecció implica el trencament del vidre del vehicle sent el cap dels ocupants la primera part del cos a contactar amb el parabrises.



Figura 3.19 Projecció dels ocupants fora de l'habitacle en un accident. Font: Elaboració pròpia.

En el cas de col·lisions contra els elements i persones dins l'habitacle, les lesions solen ser de menor entitat, consistint majoritàriament en contusions, podent donar així mateix traumatismes facials i cranials com a conseqüència d'impactes contra el parabrises, quadre de comandament i volant del vehicle. Com a conseqüència d'impactes contra el volant del vehicle, els conductors poden presentar lesions en costelles o en òrgans tous de la zona abdominal (en ser projectats cap endavant contra el volant del vehicle).

Un mecanisme lesiu que sol produir amb freqüència en aquest tipus de vehicles són les lesions de tipus cervical dels ocupants dels vehicles, ocasionades mitjançant un mecanisme anomenat fuetada cervical.

En una desacceleració longitudinal, el cinturó de seguretat reté el moviment del tors. Mentre que el moviment del coll i el cap de l'ocupant no queden atenuats per aquest dispositiu, de manera que segueixen avançant o retrocedint segons la direcció de l'acceleració (Jouvencel, 1999).

Aquest efecte queda contrarestat per l'existència del reposacaps. Si bé hi ha un desplaçament mínim cap enrere, fins que el cap de l'usuari impacta contra aquest dispositiu. Els moviments longitudinals provoquen moviments de tracció i hiperflexió, sent el coll la zona més afectada. Cada moviment longitudinal té associat un mecanisme de resposta, durant el qual, en recuperar-se de forma brusca la posició natural de la columna, es produeix la lesió.

Si bé la fuetada cervical és una lesió freqüent, és també una lesió recurrent a l'hora de sol·licitar indemnitzacions després d'un accident de trànsit. En aquest sentit, s'han de valorar factors com les acceleracions induïdes, el tipus de contacte, l'edat i estat de la persona denunciant (Ortega, 2003).

Pel que fa a la magnitud de les acceleracions, acceleracions per sota de dues vegades l'acceleració de la gravetat (2g) no tenen potencial per induir aquest tipus de lesions; a partir d'acceleracions de l'ordre de 5g la probabilitat de lesions esdevé significativa.

Pel que fa a la tipologia del contacte, les fuetades cervicals són lesions derivades d'una acceleració longitudinal del vehicle en el sentit inicialment portat, associades per tant a

col·lisions per encaç o xocs frontals. Els moviments del coll derivats d'una acceleració lateral tenen un potencial lesiu molt menor que els longitudinals pel fet que l'angle de torsió i el recorregut és molt menor.

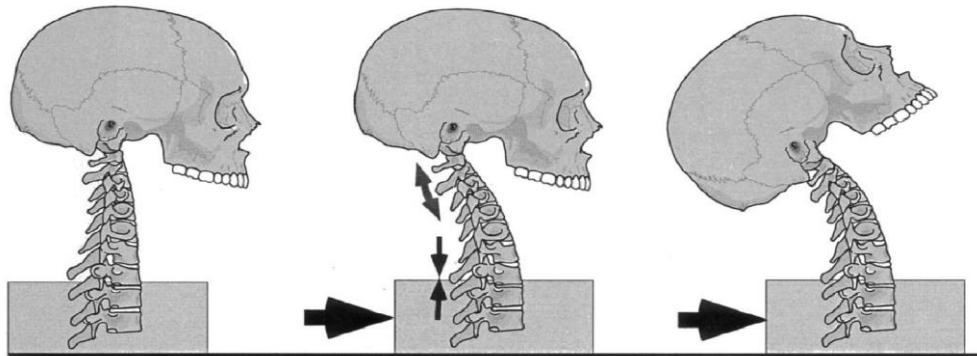


Figura 3.20 Fuetada cervical. Font: *Biomechanical analyses of whiplash injuries using an experimental model.* Frank A. Pintar, Joseph F. Cusick.

3.1.4. Lesions associades a la utilització del cinturó de seguretat

Si bé el cinturó de seguretat és un element bàsic de seguretat que evita la projecció de l'ocupant i els impactes contra elements de l'interior de l'habitacle, també presenta una sèrie de riscos en la seva utilització.

Es tracta d'un element que en cas d'una acceleració de l'ocupant el reté al seient, genera una sèrie de tensions a la zona toràcica, abdominal i lumbar que poden desembocar en lesions. Les lesions típiques són les policontusions en zona toràcica i abdominal, lesions abdominals i fractures de la columna lumbar i de la pelvis.

Un cas que mereix menció especial és el "efecte submarí". En el cas d'una inadequada ubicació del cinturó de seguretat i / o una mala ubicació del suport (inclinat en excés), es pot produir el denominat efecte submarí.

L'efecte submarí del cinturó es produeix quan la porció del cinturó sobre el maluc es llisca a conseqüència del moviment i de les forces provocades per l'ocupant durant la col·lisió, i penetra a l'abdomen amb el consegüent risc de lesions internes (DGT, 2009).

La DGT adverteix dels riscos que comporta no portar ben ajustat el cinturó de seguretat. En cas d'accident, portar el cinturó folgat fa que el conductor o els ocupants d'un vehicle recorrin una distància major fins que el cos es comença a frenar. Com més ajustat està el cinturó, abans es comença a frenar el cos i menys possibilitats de xocar contra el volant o el quadre de comandament existeixen (Clavijo, 2012).

Les lesions més comuns en el cas de produir l'efecte submarí són fractures vertebrals i lesions d'òrgans interns, especialment esquinçaments de les parets intestinals.

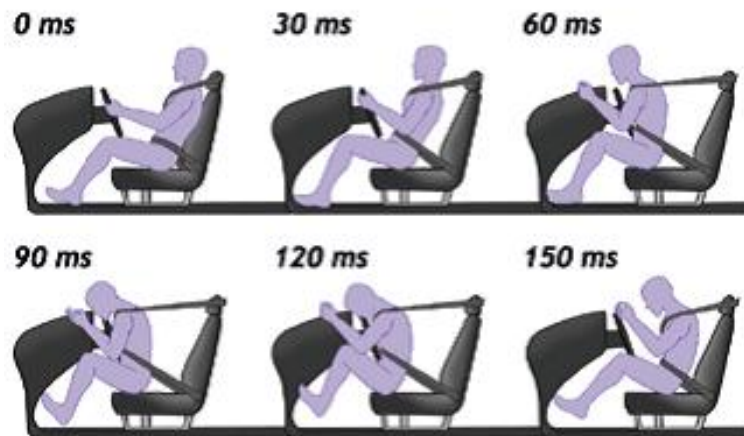


Figura 3.21 Efecte submari derivat de l'inadequat ús del cinturó de seguretat. Font: "Consul Vial, 2013: Día mundial del uso del cinturón de seguridad".

3.1.5. Lesions associades a deformacions de l'habitacle

En una col·lisió intensa, es poden arribar a produir deformacions significatives de l'habitacle. Aquestes deformacions poden provocar contactes dels materials que constitueixen l'habitacle amb els ocupants provocant cops i contusions o, fins i tot, generant ferides obertes si la deformació de l'habitacle és prou significativa perquè es produeixin trencaments del mateix i la incisió de parts punxants sobre els teixits dels ocupants.

Col·lisió frontal entre vehicles:

En aquest tipus de col·lisions es produeix una dissipació d'energia que es tradueix en significatius danys i lesions dels ocupants. S'indueixen fortes acceleracions dels ocupants cap endavant, cosa que afavoreix les lesions associades a projeccions fora de l'habitacle o de contacte amb elements. Aquest tipus de col·lisió és així mateix propens a produir lesions de tipus cervical.

En ser un tipus d'impacte intens, els danys i desperfectes solen ser significatius, i pot propiciar lesions associades a deformacions de l'habitacle, tot i que el fet que normalment la part frontal dels vehicles és de grans dimensions pot minimitzar la probabilitat que es produeixin aquest tipus de lesions.

Encalç entre vehicles:

Es tracta d'un tipus de col·lisió amb un menor potencial lesiu que les col·lisions frontals (en aquest cas la velocitat relativa d'impacte és la diferència de velocitats entre els dos vehicles, factor que provoca que el impacte sigui de menor intensitat i conseqüentment els danys i lesions derivats). Tanmateix lesions com les de tipus cervical solen produir-se en aquest tipus de col·lisions (Jouvencel, 1999).

En aquestes col·lisions els ocupants del vehicle que arriba pateixen acceleracions cap endavant mentre que els dels vehicles assolits pateixen acceleracions cap endarrere el que pot provocar lesions associades a contactes amb elements de l'habitacle i excepcionalment projeccions fora d'aquest. Atès que la part posterior dels vehicles sol ser de menors dimensions i més buida que la part frontal, les lesions derivades de deformacions de l'habitacle poden ser representatives en aquest tipus de col·lisions.

En aquest tipus de col·lisions, quan l'encalç és d'intensitat, es pot arribar a produir el trencament del seient dels ocupants del vehicle assolit (com a conseqüència de les acceleracions inercials que aquests ocupants pateixen cap enrere), factor que anul·la l'eficàcia del cinturó de seguretat com a element de retenció dels ocupants.

Col·lisió frontolateral entre vehicles:

La intensitat d'aquest tipus de col·lisions és mitjana ja que únicament és rellevant en termes de danys i lesions la velocitat del vehicle que impacta frontalment, però les conseqüències i el tipus de lesions derivades d'aquest tipus d'impacte per al vehicle que impacta són similars a les d'una col·lisió frontal entre vehicles.

Pel que fa al vehicle que és impactat, en produir aquest impacte en la part lateral es poden produir deformacions molt significatives de l'habitacle, i conseqüentment les lesions associades a aquest mecanisme lesiu.

Fregaments laterals entre vehicles:

Es tracta d'un tipus de contacte entre vehicles en el qual no es produeix un efecte barrera significatiu, per la qual cosa la transferència i dissipació d'energia és molt reduïda sent així mateix molt reduïts els danys dels vehicles i les acceleracions induïdes en els ocupants. Rarament es deriven lesivitats en els ocupants en aquest tipus d'accidents.

Vianants:

Són elements molt susceptibles de patir lesions de gravetat. Els mecanismes lesius bàsics de producció de lesions en vianants són el propi impacte del cos contra el vehicle que l'impacta i la possible projecció i posterior caiguda sobre el paviment del vianant. Es tracta de processos amb un potencial lesiu elevat.

Un altre tipus d'accident que poden patir els vianants o que pot seguir un atropellament és el cas d'una trepitjada, consistint així mateix en un procés altament lesiu. És relativament freqüent, estudiar casos en què hi ha polèmica pel que fa a si s'ha produït un atropellament d'un vianant i una posterior trepitjada o si únicament s'ha produït una trepitjada sense que prèviament hi hagi un atropellament. L'anàlisi de les lesions sofertes pot proporcionar elements de judici en aquest tipus de situacions.

En el cas dels atropellaments, les lesions típiques són contusions a la zona toràcica de

l'accidentat com a conseqüència del impacte, que poden comportar el trencament de costelles (Brach, 2005).

Un altre tipus de lesions associades a un atropellament són les derivades de la posterior projecció i impacte contra el paviment del vianant. Les més característiques són els traumatismes cranioencefàlics.

En el cas de les trepitjades per part de vehicles, les lesions derivades se solen ubicar a la zona toràcica i abdominal afectant tant a les estructures òssies com als teixits tous.

En el cas que l'atropellament afecti també a les extremitats de l'individu són freqüents les fractures òssies i l'escurçament de les extremitats. En el cas de les trepitjades, ferides en els palmells de les mans, o trencament de metacarpians o falanges poden apuntar que l'accidentat ha intentat agafar als baixos del vehicle.

Quant a accidentalitat de vianants a Espanya al 2010, 471 van perdre la vida, la qual cosa suposa una mitjana diària d'1,3 morts al dia. En zona urbana, la mitjana diària de morts va ser 0,8 i solament en el mes de febrer, per exemple, va haver-hi més d'un vianant mort per dia. En carretera aquesta mitjana és de 0,5 i va anar el mes de novembre el que registra la mitjana diària més alt (0,9) (DGT, Siniestralidad Vial, 2010).

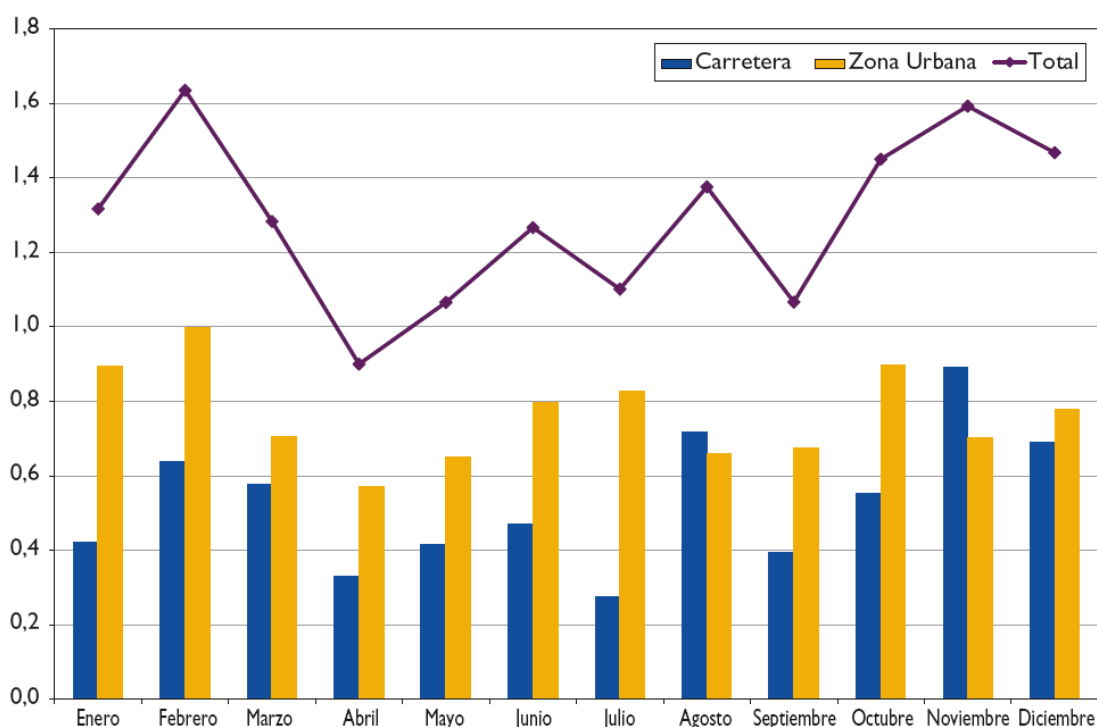


Figura 3.22 Promig diari de vianant morts a Espanya, any 2010. Font: "DGT, 2010".

S'estima que cada any moren més de 20.000 vianants als països membres de l'OCDE, on les morts de vianants varien des del 8% al 37% de totes les defuncions ocorregudes en les carreteres.

A tot el món, el nombre de vianants que moren cada any en les vies públiques sobrepasa els 400.000. En tots els països, els vianants majors de 65 anys són els que s'enfronten a un risc major. Als països de l'OCDE, el grup de persones de més de 65 anys representa entre el 13% i el 20% de la població però en ell es registren més del 50% de les morts de vianants (Forum, 2009).

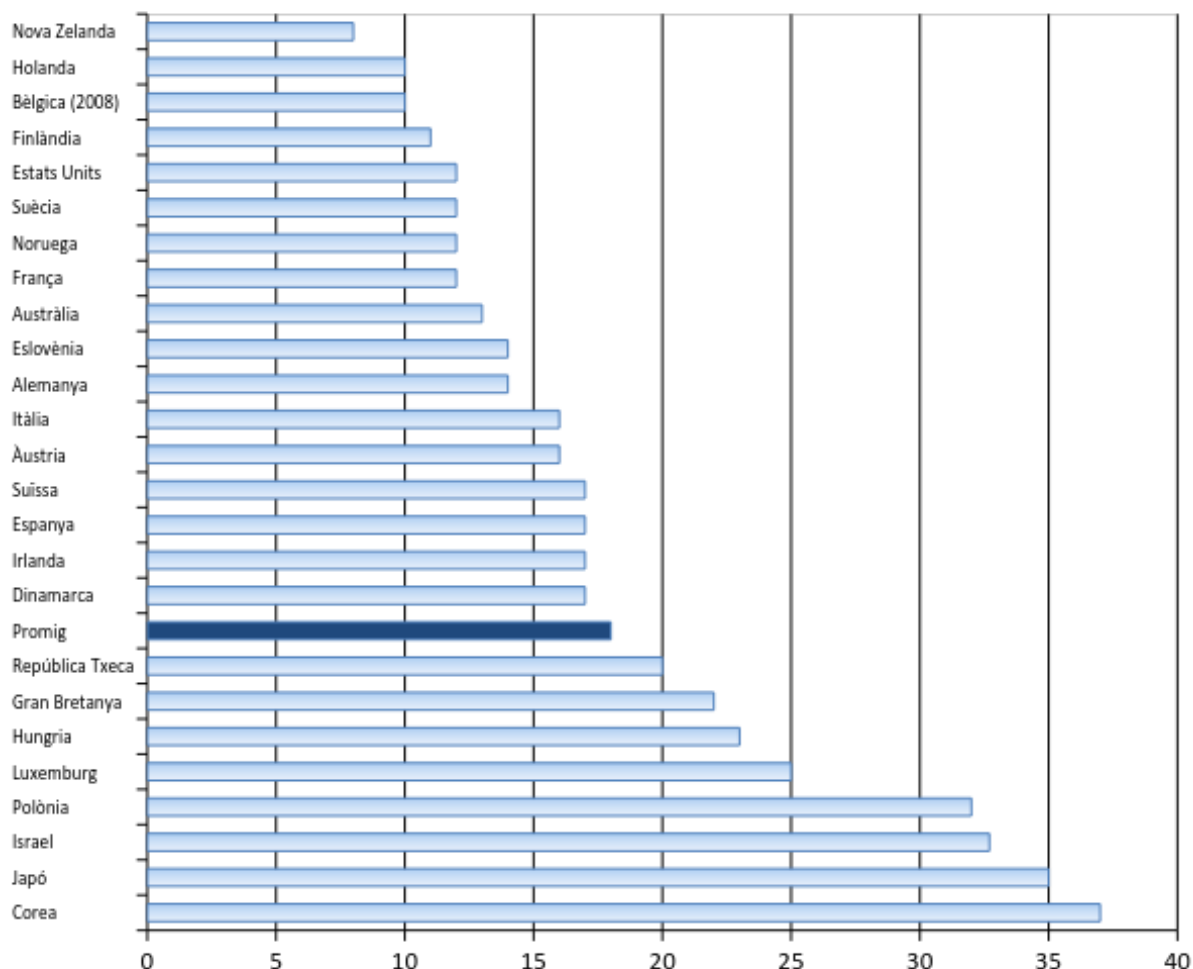


Figura 3.23 Defuncions de vianants expressades com a percentatge de totes les defuncions en carreteres i vies públiques en els 26 països de la OCDE, any 2009. Font: "IRTAD, 2009".

4. DEFINICIÓ I BREU RECORREGUT HISTÒRIC SOBRE ELS CONCEPTES GENERALS DE L'ÀMBIT URBÀ

4.1. Definició del concepte de ciutat

La definició de ciutat ha estat, al llarg de la història, un concepte molt canviant i complicat de determinar. Doncs ha anat de la mà de les diferents evolucions i transformacions que han sofert les civilitzacions des dels seus inicis fins a dia d'avui. Diverses disciplines han fet la seva pròpia, de manera que, en cap moment, se'n pot parlar d'una sola i estàndard.

Ciutats medievals, renaixentistes, barroques, industrials, costaneres, portuàries, mineres, ciutats jardí, comercials; ciutats considerades megalòpolis, metròpolis, conurbacions, viles misèria, barriades i suburbis; ciutats emmurallades, etc. Noms que designen llocs i formes, funcions i moments històrics que no són una altra cosa que el producte de les relacions de l'home amb la naturalesa i dels homes entre ells mateixos. Al tractar-se d'espais canviant i transformats, van obligar als homes de ciència a atorgar-los la categoria d'objecte d'anàlisi, i així, córrer a la recerca d'una definició que posés ordre en el caos. Possiblement sigui solament una qüestió de semàntica, però segurament la cerca d'una definició de ciutat -més enllà de l'acord o no amb ella-, parla d'aquells elements que hem de tenir presents a l'hora de conceptualitzar-la i analitzar-la en els seus processos de formació i desenvolupament.

Definir la ciutat doncs, és una tasca en la qual no han arribat a posar-se completament d'acord els qui han abordat el tema. Diverses han estat les formulacions i heterogenis els criteris contemplats a l'hora de definir què és una ciutat. Amb freqüència, no s'ha plantejat una definició per a les ciutats com a forma d'assentament humà per tal que sigui vàlida en qualsevol lloc o en qualsevol moment de la història. Doncs és molt més habitual que es proposi el concepte de ciutat per a un context determinat. D'aquesta manera, es parla sovint de "ciutat antiga", de "ciutat medieval" o de "ciutat moderna". Amb això, s'especifica una forma concreta de ciutat amb adjectius que acaba resultant una descripció d'un determinat tipus d'assentament en moments històrics concrets.

4.1.1. Evolució del concepte de ciutat i espai urbà

Les primeres definicions o conceptes de ciutat ja daten de l'antiga Grècia. Pensaments i definicions força antigues, però que en certa manera, ajuden i serveixen per a contemplar l'evolució del concepte a través dels canvis soferts en la nostra història. Aristòtil denominà ciutat a "*la multitud de ciutadans capaç de governar-se per si mateixa, de bastar-se a si mateixa, de procurar-se en general, tot el necessari per a la subsistència*".

Conforme el filòsof, la ciutat no pot estar absolutament composta per homes virtuoses, sinó que cadascú compleix la seva funció. Així, es constitueix, sobre la base de gaudir d'una vida feliç, en el marc de la família i extensible als seus descendents (Roldán, 2013).

El concepte ha generat i genera actualment un autèntic mar de dubtes referents a: quins elements prenem en compte per entendre-la?, quins indicadors la representarien millor?, és el nombre d'habitants un criteri vàlid?, és la grandària -en termes espacials- un indicador de complexitat i jerarquia?, podem prendre l'estructura social com a element revelador de la variació urbana?, o és la forma econòmica de cada període històric, la que determina la morfologia, el funcionament i la ubicació de les ciutats?.

Molts autors han tractat de definir la ciutat des de diverses posicions en el marc de les ciències socials, però s'han desenvolupat propostes que pretenen que aquestes característiques definitòries siguin viables per a qualsevol societat de qualsevol moment històric (Castro, 2003).

El problema de com entendre l'espai urbà i els processos socials que es donen a l'interior de les ciutats manté una estreta relació amb l'enfocament teòric que predomina en cadascun dels autors o escoles de sociologia.

Per exemple, David Harvey considera que l'espai urbà és “un producte social, un gegantesc sistema de recursos creats per l'home, de gran importància econòmica, social, psicològica i simbòlica” (Harvey, 1979). Aquí s'observa com l'autor percep la ciutat més allà del físic, doncs ho pren com a producte de l'acció de l'individu, de la seva interacció constant, de la seva relació amb la societat en sentit general, i com a producte dels canvis i transformacions que s'han produït en el transcurs de la història de la societat.

Per la seva banda, Marx i Engels perceben a les ciutats com a producte cultural conseqüent amb l'acció econòmica de la burgesia, que la usa com a instrument de la seva afirmació, prenent l'origen i desenvolupament de les ciutats en els resultats de la divisió social del treball (Marx, 1996).

És necessari assenyalar que l'objectiu que aquests autors perseguien en les seves obres no era explicar el món, sinó transformar-lo, i a aquest plantejament no escapen els seus postulats sobre els espais urbans i les ciutats.

Marx i Engels presten especial atenció a la contradicció entre ciutat i camp, problemàtica que van plantejar seria superada en el comunisme. En l'obra *La Ideologia Alemanya* van afirmar: “*La contraposició entre la ciutat i el camp, només pot donar-se dins de la propietat privada i es pot concebre com el començament d'una existència i d'un desenvolupament de capital independents de la propietat territorial, d'una propietat basada solament en el treball i el intercanvi*”.

A partir d'aquestes successives divisions socials del treball apareixeran noves formes i conceptes de ciutats. La ciutat mercantil i la industrial, els condicionaments determinants de les quals estaran donats per les maneres de producció i formacions econòmiques i socials. Aquesta metodologia serà presa per molts dels exponents marxistes posteriors. En una perspectiva històrica, la visió que ha impregnat la teoria social de la història de les ciutats ha insistit que el seu origen estava indissolublement lligat a l'aparició d'altres institucions.

Posteriorment, Engels va considerar que la divisió del poblament entre la ciutat i el camp

constituïa una característica de la civilització, és a dir, de les “*societats basades en la família monògama, la dominació d'homes sobre dones, la propietat privada transmesa per herència i l'existència d'una classe dominant recolzada per un Estat dotat d'instruments policials*” (Engels, 1891).

La tradició cultural és assumida també per l'Escola de Chicago, reconeguda per les aportacions i models que brinda per a l'estudi dels problemes urbans, sobretot per part de Louis Sullivan. Els ràpids canvis socials que es produeixen als anys 20 en aquesta ciutat nord-americana (explosió demogràfica producte a l'alta immigració, creixement accelerat i heterogeni de la seva població) i la forta tradició positivista imperant en les ciències socials va comportar al fet que els teòrics pertanyents a aquesta Escola reproduïssin permanentment una necessitat de constatació empírica de proposar models ideals d'urbanització i de ciutats, però sense tenir present que no totes les ciutats presentaven les mateixes característiques que Chicago (Sullivan, 1924).

Actualment, l'interès del comerç ha estat un element integrant en determinats casos de l'estructura de la ciutat moderna. Aquesta capacitat d'articulació espacial del comerç constitueix en efecte, per la seva condició d'indispensable, un lloc per a l'establiment de vincles socials d'ordre similar als escenaris laboral, residencial i lúdic.

Atès que les primeres ciutats haurien sorgit entre quinze a cinc mil anys enrere, com a assentaments permanents poc complexos. Les societats sedentàries que viuen en ciutats són freqüentment anomenades civilitzacions (Castro, 2003).

4.1.2. Concepte de ciutat vist des de diferents disciplines

Aquesta història urbana ha vist com la figura de la ciutat està posicionada com un dels emblemes de les grans transformacions del segle XX. Per moltes dècades el seu estudi va ser camp gairebé exclusiu d'urbanistes, arquitectes, geògrafs i sociòlegs; doncs els historiadors no consideraven que la ciutat mereixés un rang especial en els seus treballs, mentre els urbanistes o arquitectes ignoraven la historicitat de les urbs.

Les primeres ciutats veritables són de vegades considerades aquells grans assentaments permanents on els seus habitants ja no eren els simples amos de les àrea properes a l'assentament, sinó que van passar a treballar en ocupacions més especialitzades a la ciutat, on el comerç, la provisió d'aliments i el poder van ser centralitzats.

Durant el transcurs de la història, diversos autors han intentat concebre una definició única, general i concreta de ciutat basant-se en el seu entorn natural, geografia, religió, ideologia, cultura i condicionants tant externs com interns, factors que han determinat el naixement i evolució d'aquestes. Una sola definició presentaria incongruències en relació amb altres ciutats de diferents indrets o temps en la història.

És complicat saber doncs què és ciutat o què pertany a aquest concepte, però és més fàcil saber què no ho és. D'aquesta manera, podem descartar com a ciutats aquells enclavaments

de caràcter especialitzat on es realitzen tasques determinades, però on no se situen grups “domèstics”.

No podem considerar ciutats els assentaments polítics o ideològics especialitzats, com poden ser emplaçaments de vigilància territorial o campaments militars, llocs de caràcter religiós (santuaris o temples), aquells poblats on s'instal·len grups aïllats no domèstics, com ara monestirs. Tampoc serien ciutats aquells llocs d'activitat econòmica especialitzada aïllada, ja siguin mines o tallers.

En realitat, el problema, segons Horacio Capel presenta dos vessants molt diferents des del punt de vista geogràfic. D'una banda, està la qüestió de la definició teòrica del fet urbà en contraposició al rural, i l'enumeració dels trets essencials de la ciutat. I per una altra, la definició concreta utilitzada a cada país per determinar amb finalitats estadístiques l'urbà, i fixar el límit a partir del com pot començar a parlar-se de ciutat com a entitat diferent dels nuclis rurals (Capel, 1975). Des d'un punt de vista teòric, les definicions que s'han donat d'allò que és urbà són de dos tipus. D'una banda, es troben les que es basen en una o dues característiques que es consideren essencials.

D'altra banda, es troben les definicions eclèctiques, que donen una idea de la complexitat de l'urbà sintetitzant les característiques prèviament definides. Els trets geogràfics que amb més freqüència s'han considerat per caracteritzar el fet urbà han estat la grandària, la densitat, l'aspecte del nucli, l'activitat no agrícola i la manera de vida, així com l'heterogeneïtat, una cultura determinada i un grau d'interacció social.

Així mateix, un dels manuals de referència a l'hora d'entendre la visió de la ciutat des d'un punt de vista arquitectònic és la *Carta d'Atenes*. Una carta d'urbanisme redactada al IV Congrés Internacional d'Arquitectura Moderna d'Atenes, en el 1933, impulsada per Le Corbusier, teòric de l'arquitectura, arquitecte, dissenyador i pintor suís nacionalitzat francès, considerat un dels més clars exponents del Moviment Modern en l'arquitectura. Aquesta carta aborda el tema de la Ciutat Funcional. Es proposa la creació d'una ciutat ordenada, conformant un model urbanístic progressista. Segons l'arquitecte les ciutats són punts de comandament.

La seva creació va ser molt important, ja que va servir de base per promoure el ràpid creixement urbanístic de tota Europa, així com també la ràpida reforma de la ciutat després de la guerra del 39. En aquesta carta es poden apreciar els traços d'alineament per a la reestructuració i ubicació dels edificis i habitatges, així com també de ciutats senceres.

Segons l'arquitecte, la ciutat no és més que una part del conjunt econòmic, social i polític que constitueix la regió. Considera que la delimitació territorial administrativa de les ciutats va ser arbitrària des del principi, quan l'aglomeració principal, a conseqüència del seu creixement, va arribar a aconseguir altres municipis, englobant-los a continuació, dins de si mateixa (Corbusier, 1943). Aquesta “delimitació artificial” s'oposa a una bona administració del nou conjunt.

Doncs, efectivament, alguns municipis suburbans han adquirit inesperadament un valor imprevisible, ja sigui per convertir-se en barris residencials de luxe, ja per instal·lar-se en ells centres industrials intensos o ja sigui per reunir a poblacions obreres. En paraules de Lewis Mumford, urbanista, sociòleg i humanista, la ciutat és *“el lloc dedicat a oferir les possibilitats més grans de converses significatives”*, i seguint amb el mateix autor, el signe més evident del fracàs de la ciutat, de la seva substancial inexistència com a personalitat social, és l'absència de diàleg (Mumford, 1961).

La ciutat, doncs, com a lloc de múltiples activitats, però també com a lloc de trobada i de conversa. I aquest lloc s'identifica amb l'espai col·lectiu o públic que pot ser a l'interior o a l'exterior dels habitatges i en espais tancats o oberts, segons el clima i la cultura urbana de cada ciutat: patis, carrers, places, parcs, cafès, etc.

El concepte de ciutat ha estat tractat des de l'àmbit geogràfic, urbanístic, arquitectònic i també des de l'enginyeria. Al segle XV, Leonardo da Vinci, arran de l'epidèmia de pesta que va assotar Milà el 1484, va dissenyar i definir una ciutat perfecta teòrica amb eixos de circulació optimitzats i bones condicions de vida, en una visió marcada no per les distincions socials del moment, sinó per les funcionals (Patricio, 2007).

Al llarg de la segona meitat del segle XIX, diverses ciutats espanyoles van sofrir transformacions urbanes amb vista a millorar les seves condicions d'habitabilitat.

En aquestes transformacions, els enginyers de camins van tenir un paper destacat (Suriol, 2002). Tot i que no van estar absents les tensions entre enginyers de camins i arquitectes derivades del solapament existent entre atribucions professionals.

En el cas de Barcelona, l'actuació des de l'estructura tècnica de l'Ajuntament va permetre als enginyers de camins participar activament en l'eixample i sanejament de la ciutat: Ildefons Cerdà fou un nom clau per al seu estudi. El planejament de l'Eixample va contribuir a créixer l'existent consciència general sobre la necessitat de reformar la ciutat, doncs era necessària una reordenació dels espais disponibles i una millora de la salubritat als barris.

El concepte polític de ciutat s'aplica a conglomerats urbans amb entitat de capitalitat i major importància a la regió i que assumeix els poders de l'Estat o nació. Serà la ciutat la capital, però per extensió s'aplica la denominació a qualsevol entitat administrativa amb alguna autonomia a nivell de municipi, sent les altres denominacions, com a poble, genèriques i optatives.

En el concepte religiós, tant en l'Alta Edat Mitjana com en altres períodes com el Renaixement i anteriorment al segle XII, només era ciutat la que dins de les seves muralles tingués una catedral on un bisbe ostentés la seva pròpia càtedra; ja que en el passat les catedrals eren també centres docents.

En alguns països europeus com França o Espanya, durant l'Edat Mitjana i la Inquisició (Dutour, 2005), dins del concepte polític només va ser considerada ciutat com a tal la que tingués la seva pròpia catedral o que fos seu d'una arxidiòcesi.

A mode de definicions acadèmiques, cal destacar que la Conferència Europea d'Estadística de Praga va proposar considerar com a ciutats les aglomeracions de més de 10.000 habitants i les que tenien entre 2.000 i 10.000 habitants, sempre que la població dedicada a l'agricultura no excedís del 25% sobre el total (Capel, 1975).

A partir de 10.000 habitants, totes les aglomeracions es consideraven ciutats, sempre que aquestes es trobessin concentrades, generalment en edificacions col·lectives i en altura, i es dediquessin a activitats dels sectors secundari i terciari (indústria, comerç i serveis).

El Diccionari de l'Acadèmia Francesa, des de l'edició de 1694 fins a la de 1835, va definir a la ciutat com "la reunió de moltes cases disposades en carrers i tancades dins d'un recinte comú que sol ser de murs i fossats".

D'altra banda, el Diccionari de la Llengua Espanyola (DRAE) defineix a la ciutat com un "conjunt d'edificis i carrers, regits per un ajuntament, la població densa del qual i nombrosa es dedica comunament a activitats no agrícoles".

Així, podem considerar que la ciutat és un assentament urbà amb un determinat nombre de població, on es desenvolupen diverses activitats econòmiques. Perquè una ciutat sigui considerada com a tal, ha de tenir una alta densitat, i els seus integrants han de realitzar activitats industrials, comercials, i de serveis.

No totes les ciutats posseeixen les mateixes funcions (si bé compleixen molts rols, usualment s'especialitzen en una funció determinada), algunes s'ocupen de l'activitat industrial, altres de la comercial i altres que desenvolupen el turisme amb gran intensitat. També podem trobar ciutats que serveixen de centres polítics o administratius, o fins i tot, ciutats que es dediquen a explotar recursos naturals.

4.1.3. Característiques diferenciaries

Una ciutat és per tant, una àrea urbana amb alta densitat de població en la qual predominen fonamentalment la indústria i els serveis. Es diferencien normalment d'altres entitats urbanes per diversos criteris, entre els quals s'inclouen la població i la densitat poblacional. La població d'una ciutat pot variar entre unes poques centenes d'habitants fins a una desena de milions d'habitants.

Les ciutats són les àrees més densament poblades del món, per exemple Sao Paulo, amb prop de 20 milions d'habitants, té una densitat de població aproximada d'uns 7160 habitants per quilòmetre quadrat.

El terme ciutat se sol utilitzar per designar una determinada entitat política o administrativa urbanitzada. En molts casos, no obstant això, la paraula també s'usa per descriure una àrea d'urbanització contigua que pot encaixar diverses entitats administratives. Amb tot, es vol dir que són forces les característiques que diferencien les ciutats segons els criteris o les mesures utilitzades en un país o altre.

Des del punt de vista geogràfic, actualment, les grans ciutats són molt majors i més populosos que en temps passats. Un exemple és París, que a l'any 1400, tenia 225 mil habitants en 8 km². Avui dia, la ciutat compta amb 2,2 milions d'habitants i 105 km², i la seva regió metropolitana posseeix més d'11,2 milions d'habitants i 14.518 km².

A Estats Units i a Canadà, el padró més comú de les vies públiques és el pla de damer: artèries vials corrent paral·leles entre si, amb altres carrers paral·lels tallant-les perpendicularment. Aquest sistema va ser també usat per milers d'anys a Xina, i pels espanyols en fundar ciutats a Amèrica⁵.

A Europa, atès que la majoria de les ciutats no es van planificar per endavant, el seu sistema de vies públiques, carrer i avingudes s'estén de manera desorganitzada, doncs moltes de les muralles que voltaven les antigues ciutats europees van donar lloc a modernes vies públiques d'alta capacitat (Banc Mundial, 2002).

Comunament, es poden diferenciar les grans ciutats si posseeixen un districte financer, on es localitzen institucions financeres, seus de grans companyies i centres comercials. Persones de tot arreu de la ciutats (així com de pobles i ciutats veïnes) acudeixen a aquest centre financer a treballar diàriament. Aquest generalment és petit en àrea, però pot albergar fins a desenes de milers de llocs de treball, gràcies a l'existència de gratacels.

Pel que fa a l'administració de les ciutats, cal esmentar que correspon a les diferents institucions, depenent de cada país. Entre les denominacions més corrents que s'empren per designar a l'òrgan administratiu d'una ciutat es troba la municipalitat, l'ajuntament i la prefectura (Whitfield, 2005).

Aquestes organitzacions són responsables per la planificació de la ciutat, i d'acord a les competències donades per les respectives legislacions nacionals, poden encarregar-se de l'administració del sistema de transport públic, del sistema escolar i de biblioteques públiques, policia i bombers.

L'administració d'una ciutat està encapçalada generalment per un alcalde o president municipal i/o un consell, triats per votació popular en règims democràtics. Habitualment està a càrrec de vetllar pels interessos dels seus conciutadans, representant-los davant l'autoritat jeràrquica major, a més d'impulsar polítiques locals per millorar la seva qualitat de vida, com a programes de salut o esport, o combatre la delinqüència.

El pressupost de les ciutats prové en general de fons nacionals i de certs ingressos propis, com a permisos de comerç, edificació o impostos específics. Comentar també que, en l'actualitat, algunes grans ciutats se solen subdividir administrativament en comunes, barris, districtes, delegacions o pedanies (Bridge, 2002).

Un dels paràmetres que també diferencien les ciutats d'avui dia és l'economia. Aquesta és general i altament diversificada, variant entre ciutats. Ja que l'economia urbana mai es basa

⁵ Dades extretes del Banc Mundial (període 2008-2012).

solament en un determinat sector econòmic. Diverses ciutats depenen principalment d'un únic, o d'alguns pocs, sectors econòmics.

Algunes ciutats, no obstant això, encara depenen en certa mesura de l'agricultura i la ramaderia, depenent fonamentalment del seu grau de desenvolupament. L'economia de les grans ciutats tendeix a ser més diversificada, encara que això no sempre succeeix. A les ciutats de major grandària, la indústria manufacturera és gairebé sempre una de les principals fonts d'ingressos, generant milers d'ocupacions, encara que la indústria ja no és actualment la major activitat econòmica de les ciutats, traspasant aquesta posició al sector serveis (Castells M., 2001).

A diverses grans ciutats, milers de persones treballen diàriament en oficines i institucions financeres. Urbs com Nova York, Tòquio, Londres, París i Hong Kong són grans pols financers, on aquesta activitat és la principal font d'ingressos de la ciutat.

Aquest districte financer o *downtown* és un tret característic de les grans ciutats, el qual fa referència a les àrees centrals en què es concentren comerços i oficines, i on abunden gratacels. Els seus carrers són els més freqüentats i accessibles i els preus dels habitatges són alts, encara que la població resident en ocasions és escassa.

En canvi, ciutats com Roma, Singapur, Bangkok o Barcelona depenen enormement del turisme, el qual és el motor econòmic principal d'aquella ciutat. Cal esmentar que ciutats com ara Londres, Nova York o París, a més de ser grans pols financers, són, a la vegada, grans atractius turístics.

Existeixen també doncs ciutats que posseeixen una economia altament diversificada, on tots els sectors tenen aproximadament la mateixa importància. Per la qual cosa són menys vulnerables a recessions econòmiques en comparació a aquelles ciutats que depenen d'un sector econòmic en particular. Segons Le Corbusier a la Carta d'Atenes, "*es va apostar per la zonificació de la ciutat en funció dels usos i necessitats de la societat moderna, per tal de complir les funcions de les ciutats globals: habitar, circular, treballar i recrear*" (Corbusier, 1943).

Així, no resulta fàcil definir què és una ciutat, ni determinar perquè sorgeixen, i no obstant això, es reconeix una ciutat quan es veu: alta densitat de població, construccions altes i properes, elevada activitat econòmica als seus carrers, serveis, indústries, residències. No sempre la construcció del continu urbà és dens, ni està separat del camp per un front d'edificis, de manera que delimitar-les normalment també resulta complex.

4.1.4. Tipologia de ciutats

Avui dia, sembla lògic definir a una ciutat per la seva funció encara que aquestes puguin ser moltes, molt variades i canviants amb el temps. Avui dia, potser l'única funció que no posseeixen les ciutats és la producció agrícola, exceptuant els horts urbans, ni diverses branques del sector primari, ja que són activitats que necessiten molta superfície per ser

rendibles i els alts preus del sòl no ho permeten. Però ni tan sols això és absolut, ja que trobem activitats agrícoles en les ciutats antigues. Actualment, les ciutats posseeixen diverses funcions que ben bé podrien servir per a diferenciar les seves tipologies:

- **Comercial i oci:** raó de ser de totes les ciutats, sobretot les turístiques.
- **Residencial:** ja que hi viu la major part de la població.
- **Administrativa:** concentrant els centres de decisió tant públics com privats.
- **Cultural:** on es troben els principals centres d'oci i de difusió d'idees i opinions.

De totes formes, les ciutats estan influenciades per una àmplia varietat de contextos i factors, inclosos els grups particulars de persones. Com a conseqüència de nombroses influències, la ciutat pot, en certa mesura, caracteritzar-se per ser d'un tipus particular o general.

Per referir-se a les persones i els règims de govern, per exemple, un nombre de tipus de ciutat en particular es pot observar, com *aristocràtica*, *democràtica*, *oligàrquica* i *dictatorial*. Aquests tipus de règims es poden emprar per classificar els tipus de la ciutat desenvolupats sota les seves ordres. Els tipus d'especialització que ocorren dins d'un centre urbà són utilitzats per a classificar la naturalesa de la ciutat. Per exemple, les ciutats que contenen una base de fabricació industrial es coneixen com a *ciutats industrials*, mentre que les que actuen com els mercats amb la compra i venda de determinats béns es coneixen com les *ciutats de mercat*.

Altres mitjans pels quals les ciutats poden ser classificats inclouen l'art, la cultura, i la mida. La mida demogràfica és un criteri important en la classificació dels diferents espais urbans tal i com ja s'ha comentat. Els centres urbans han consistit en un ordre basat en la densitat i volum de la població, a partir de les aldees, pobles i ciutats. No obstant això, en l'era moderna, moltes ciutats del món són tan grans i tenen funcions tan importants que es coneixen com les *ciutats del món* o *ciutats globals*. Algunes *ciutats del món* en la història, com ara Bruges, a Bèlgica, no són actualment *ciutats globals* degut al seu estancament en la grandària, la disminució de la importància i l'auge d'altres llocs urbans. Es podria dir que la primera *ciutat del món* modern va ser Londres, que va passar de prop d'un milió de persones a més de 6 milions de persones entre 1801 i 1901, com a conseqüència de la seva base de ràpida expansió econòmica provocada per les forces desencadenades per la industrialització. Tot i que s'aprofundirà més endavant en el concepte de *ciutat global*, avui dia, llocs que es consideren *ciutats del món* o *globals* són Tòquio, Nova York, Londres i París (Sassen S., 1999).

Les tipologies de ciutat precisen de classificacions que varien considerablement segons els autors, d'un país a un altre i, fins i tot, entre ciutats d'un mateix país. Per exemple, a Califòrnia, els tipus de la ciutat s'observen d'acord als seus governs locals i l'abast de les llibertats que aquestes autoritats municipals gaudeixen. Per tant, a Califòrnia, les ciutats es classifiquen com a *ciutats xàrter* o *ciutats generals de la llei*, en funció de si operen o no en el marc de la llei de Califòrnia municipal (Romer, 2010).

En diferents moments de la història, les ciutats s'han desenvolupat en resposta a les diferents funcions i influències. Un dels períodes més significatius del desenvolupament de la societat

va ser el Renaixement, i durant aquest temps es va desenvolupar una forma completament nova de ciutat, coneguda com la *ciutat ideal*. Aquesta es basaria en l'aplicació d'una estricta geometria circular que formava al seu voltant una paret de defensa.

Exemples notables de les ciutats ideals o ciutats perfectes del Renaixement la trobem a Palmanova a Itàlia (Soraluce, 2011).

Mentre que en el context del Renaixement el lloc ideal urbà es van destacar per la seva morfologia particular, en temps posteriors, altres tipus de ciutats ideals eren més coneguts per la seva oberta, democràtica i civilitzadora societat. Aquestes inclouen llocs com la primera *ciutat jardí* a Letchworth, Anglaterra.



Figura 4.1 Letchworth (primera ciutat jardí), el 1904. Font: Enciclopèdia britànica.

Creada el 1904 per Barry Parker i Raymond Unwin, fundada en les idees d'Ebenezer Howard, com un lloc per confeccionar una comunitat on els pobres podien viure tan bé com els rics en un entorn de baixa densitat plena de parcs i jardins al voltant de les llars. A través de la Ciutat Jardí, s'intentava resoldre les problemàtiques sorgides per la ciutat industrial, en combinar el camp i la ciutat com a programa futur. La política social de la *ciutat jardí* ajuntava la dispersió urbana amb la colonització rural i el govern descentralitzat (Howard, 1902).

Destacar també l'aparició dels conceptes de *ciutat dormitori*, com a nucli residencial, i de *ciutat universitària*, com el lloc on s'agrupen els centres docents universitaris, així com també escoles de grau superior, residències o camps esportius destinats a l'ensenyança superior, i fonamentalment, de formació universitària.

Altres tipus moderns de ciutat ideals inclouen Chandigarh, a l'Índia, i a Putrajaya, Malàisia. On la creació de la moderna arquitectura pionera de Le Corbusier impulsà la creació de centres administratius a la Federació de Malàisia, per tal de deixar a la capital del país, Kuala Lumpur, especialitzar-se en activitats comercials i financeres. Amb l'èxit del desenvolupament de Putrajaya, el govern de Malàisia ha creat un nou espais urbans anomenats Cyberjaya, un tipus de nova ciutat, anomenada *ciberciutat* (OCDE, 1992).

4.2. Breu recorregut històric sobre el desenvolupament del teixit urbà

4.2.1. Origen: primers assentaments

Els pobles i ciutats en els quals vivim avui en dia, on diàriament discorre la nostra existència, es van configurant al llarg dels segles com si fossin un ésser orgànic, sent el resultat de la interacció entre el medi natural i l'aportació continuada de les diferents cultures que sobre ell s'han assentat.

La història de les ciutats del món és llarga, i ha anat lligada al procés d'aparició dels primers assentaments humans. Es creu que els primers assentaments van aparèixer fa uns quinze mil anys enrere, com assentaments permanents poc complexos. Segons els historiadors, podrien haver sorgit com una plaça central pensada pel intercanvi entre els membres d'una comunitat que vivien en les proximitats.

Així, les primeres ciutats veritables van ser considerades aquells grans assentaments permanents on els seus habitants van passar a treballar en ocupacions més “especialitzades”, on el comerç, la provisió d'aliments i el poder van ser centralitzats. Aquestes noves societats sedentàries van anar lligades al concepte de civilització.

En l'edat antiga, les ciutats es desenvoluparen en diverses regions del planeta. A l'època neolítica hi va haver assentaments que rarament van arribar alguna grandària significativa. No obstant, es considera Mesopotàmia el lloc on aparegueren les primeres ciutats, particularment Eridu, Uruk, i Ur. A la vegada, es creu que també hi ha altres zones on les ciutats que aparegueren en èpoques molt antigues, com l'Antic Egipte, la vall de l'Indus o la Xina. Mohenjo-daro (l'actual Pakistan), existí entre el 2600 aC i el 1900 aC, i fou una de les ciutats més grans de l'època amb una població estimada de 40.000 habitants. Aquesta, juntament amb Harappa, ambdues ciutats de la vall de l'Indus, foren les primeres ciutats en utilitzar plans d'urbanisme, sistemes de sanejament o clavegueram (Bridge, 2002).

Com es pot contemplar en la *figura 4.2*, també al continent Americà es desenvoluparen les ciutats de forma independent a la resta de planeta. Les primeres formes d'urbanisme en aquest continent aparegueren a través de cultures com la civilització maia, al centre de Mèxic. Posteriorment, sorgirien altres cultures en aquesta part del planeta, com l'Asteca, Huari, Chimu i Inca.

D'aquesta manera, les primeres ciutats del món, fa més de cinc mil anys, a Mesopotàmia, a les valls del Nil, a les de l'Indus o del riu Groc, normalment s'identificaven com un espai d'intercanvi de productes i de converses. La civilització grega inventà de nou la ciutat com a horitzó col·lectiu, que es plasmava espacialment en l'àgora (Benevolo, 1993).

Al llarg del temps retrobem aquests espais col·lectius sota noms i formes diversos: el fòrum de les ciutats romanes, com ara la cruïlla dels camins principals: el cardos i el decumanus.

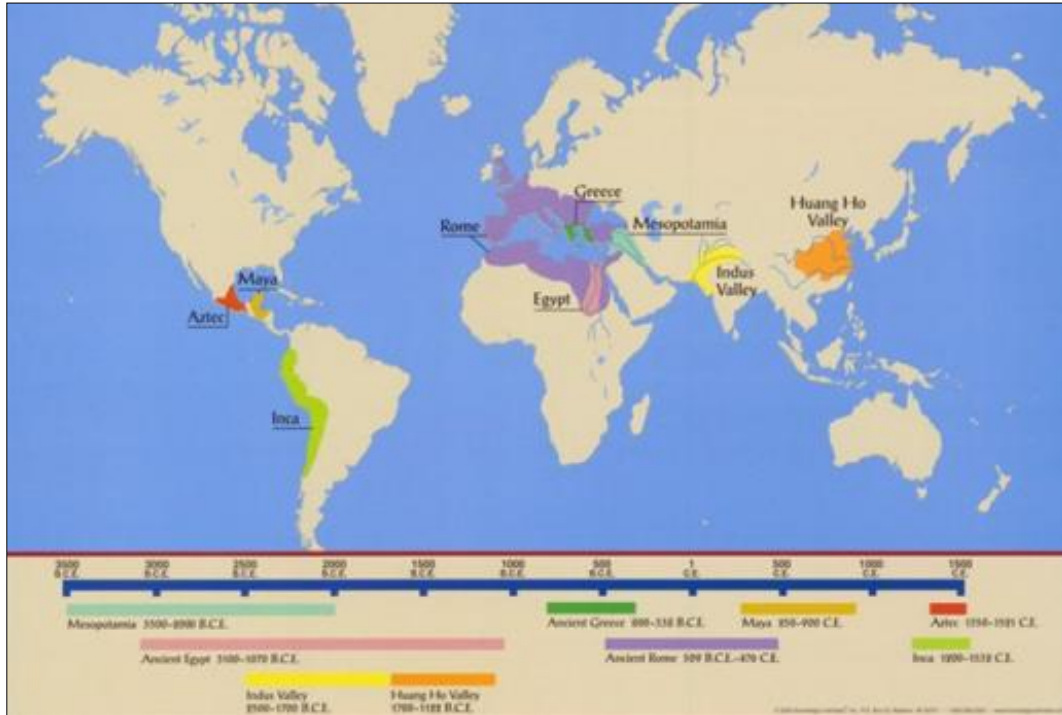


Figura 4.2 Mapa de les antigues civilitzacions i la seva aparició en el temps. Font: "AllPosters".

El creixement de la població a les antigues civilitzacions, la formació dels primers imperis antics, i el creixement del comerç donà com a resultat l'aparició de les primeres grans ciutats, capitals i centres del comerç i la indústria. Keith Hopkins, historiador i sociòleg britànic, estima per l'antiga Roma i per Alexandria una població al voltant d'un milió d'habitants cap al finals del segle I aC (Hopkins, 2009). Mentre que altres, com George Modelski, professor de ciències polítiques per la Universitat de Washington, afirmen que Bagdad, ja al segle VIII, va tenir un pic estimat de 1,2 milions d'habitants (Modelski, 2003)⁶.

Posteriorment, al llarg de l'edat mitjana, es considerava a una ciutat entitat política i administrativa formada per una agrupació de cases. Les ciutats eren poblacions que, en principi, no tenien obligacions rurals i que normalment es trobaven regides per un rei.

Algunes ciutat com ara Venècia, Gènova o Lübeck, es van convertir en ciutats-estats poderoses, prenent de vegades el control de les terres pròximes o establint extensos imperis marítims.

Tal fenomen no es va limitar solament a Europa, sinó que es van donar casos com el de Sakai, que posseïa un considerable grau d'autonomia al Japó medieval, gràcies també a la importància del transport marítim d'aquella època: considerat un autèntic pol d'atracció per a la creació d'assentaments urbans al llarg de la història (Castro, 2003).

Les ciutats més importants d'aquest període foren diverses. Constantinoble (actual Istanbul) i Ctesifont com a capitals dels dos grans imperis del moment, l'Imperi Bizantí i l'Imperi Persa.

⁶ Modelski, G., "World Cities: -3000 to 2000", Washington DC: FAROS 2000, 2003.

El relleu fou recollit pel món àrab amb ciutats com Bagdad o El Caire. A Europa ciutats com ara Venècia, Rotterdam, Florència i Lisboa eren les més importants, les quals van créixer en base als seus ports i un important rol en el intercanvi comercial.

A mesura que aquestes ciutats portuàries, situades als litorals del Mediterrani i del mar Bàltic, començaven a desaparèixer a partir del segle XVI, a causa de l'aparició dels grans estats absolutistes, les grans ciutats passaren a ser les grans capitals europees, les quals es van beneficiar del increment del comerç que va sorgir fruit del descobriment d'Amèrica i l'establiment d'una economia transatlàntica (Dutour, 2005).

A finals del segle XVIII, la ciutat de Londres s'havia convertit en la major ciutat del món, amb una població que s'aproximava al milió d'habitants, amb París, Bagdad, Beijing, Istanbul i Kyoto com altres grans ciutats. Però no va ser fins al inici de la Revolució Industrial i el creixement de la indústria moderna, a finals del segle XVIII, que el urbanisme començà a estendre's de forma definitiva. Començaren a sorgir noves grans ciutats tant a Europa com Amèrica, a mesura que les noves oportunitats generades en les ciutats provocaren un èxode rural cap a les àrees urbanes, incrementant de manera gairebé exagerada la població urbana fins a dia d'avui (Whitfield, 2005).



Figura 4.3 Vista de Londres al segle XVIII, amb l'arribada de camperols procedents del camp. Font: "Arte Historia".

4.2.2. Trànsit de les poblacions rurals a les urbanes

En el transcurs de l'evolució dels assentaments urbans, hi ha una fita clau en la història que marcà el devenir de les ciutats arreu del món, i sobretot arreu d'Europa, i fou la esmentada Revolució Industrial. Actualment, la majoria d'historiadors coincideixen a assenyalar que aquesta, fou quelcom més que el naixement de la indústria moderna. Doncs perquè tingués lloc i produís el gran creixement econòmic que se'n derivà, calgueren una sèrie de canvis i de revolucions paral·leles que constituïren el complex fenomen que coneixem com a Revolució Industrial.

Aquest esdeveniment va comportar molt canvis en les tècniques de producció, modificà les bases econòmiques de la societat i provocà un fort creixement demogràfic a totes escales. L'augment de la població fou un estímul per al creixement industrial, ja que proporcionà mà d'obra abundant per a la nova indústria incentivant als productors a promoure determinades innovacions en les tècniques de treball.

Però un dels fenòmens més representatius derivats de la Revolució Industrial fou l'emigració d'habitants europeus cap a les colònies del Nou Món, a la vegada que gent del camp marxava cap a les ciutats en busca de les nombroses oportunitats de treball que la revolució va generar, anomenat èxode rural.

Aquest èxode rural o camperol es referia a l'emigració, generalment de gent jove del camp a la ciutat. Era un procés molt antic, però que es va accelerar amb la Revolució industrial i, sobretot, a partir de la segona meitat del segle XX (Moreno, 2011). Aquesta emigració no només comportava un canvi de lloc de residència, sinó també de professió, donades les diferències geogràfiques que existien entre les oportunitats i tipus d'ocupació que hi havia a la ciutat en relació al camp.

Als països subdesenvolupats existeix una àmplia documentació entorn del tema de l'èxode rural i del procés creixent de creixement de les majors ciutats. Com a exemple, l'obra de Breese pot donar una senzilla idea de tots els mecanismes que generen aquest procés. En una primera aproximació, mostra una sèrie de factors de rebuig al medi rural que posseïen els camperols de l'època:

- La manca o escassetat de fonts d'ocupació: Aquest factor afecta en major grau a la població femenina, per la qual cosa les dones tendeixen a predominar en l'èxode rural.
- L'escassetat d'institucions d'ensenyament: sumant-li les llargues distàncies a cobrir per arribar a una escola. A més, les dificultats en el transport escolar són més greus en el medi rural i, sobretot, als països subdesenvolupats.
- L'escassetat de serveis: Entre ells cal destacar als serveis assistencials, de comerç, de formació i assessoria tècnica.
- El desenvolupament tècnic de l'agricultura: Aquest desenvolupament tècnic tendeix a disminuir les necessitats del treball assalariat i mà d'obra, accentuant els motius addicional per emigrar.

En l'obra de Breese, no solament argumenta els inconvenients de convida en els medis rurals, sinó que també cita una sèrie d'atractius i avantatges que exerceixen les ciutats sobre la població rural (Breese, 1968):

- A les ciutats existeix una major diversitat d'ocupació. En canvi, en el medi rural, gairebé no existeixen ocupacions fora de les activitats relacionades amb les labors agropecuàries.

- Existeix una major diversitat i disponibilitat de serveis. Els centres urbans tenen un nivell superior al del medi rural quan a oferta de serveis es refereix (assistencials, educatius, culturals, transport, comunicacions, serveis informatius, recreatius, etc.).
- Ocupació poc qualificada. Molt sovint, les ciutats necessiten mà d'obra per a aquelles ocupacions d'escasses exigències i de menor remuneració, i aquestes ocupacions tendeixen a ser coberts pels immigrants del medi rural. Com assenyala Clyde V. Kiser el 1967 al referir-se a la immigració en l'Amèrica Llatina:

“En realitat, quan els llatinoamericans pensen en la immigració, no estan pensant en obrers industrials. Pensen en treballadors del camp i agricultors, perquè aquests són els que ells desitgen. Com la gent de qualsevol altra part, desitgen que uns altres facin el que ells mateixos estan poc disposats a fer, en aquest cas, el treball dur de les grans propietats i el cultiu del camp a l'interior del país.” (Kiser, 1967).

Idea que, a dia d'avui, s'estén a situacions similars a tot el món. Només que amb la major facilitat dels mitjans de transport i la disminució de la població rural a uns nivells molt baixos, on els llocs de treball de menors exigències tendeixen a ser ocupats per immigrants, de vegades il·legals, i procedents de països cada vegada més allunyats.

Va ser posteriorment el geògraf E.G. Ravenstein va parlar d'unes "lleis" sobre les migracions analitzades des del punt de vista estadístic a finals del segle XIX. Aquestes lleis serien doncs, una espècie d'estructures o patrons per a posteriors estudis. Les seves conclusions eren bàsicament que la majoria dels migradors eren dones i procedien d'una curta distància. Quan la distància era molt gran, predominava però el sexe masculí. Però majoritàriament en l'èxode rural predominava la migració de població jove, doncs era la que es trobava en edat de treballar. A més, si la distància era bastant gran, solia tenir lloc una espècie de migració per etapes, on els llocs deixats vacants en emigrar, podien ser ocupats per altre migradors d'àrees més allunyades (Ravenstein, 1885).

És d'esperar doncs, que aquesta immigració i emigració va tenir una sèrie de conseqüències positives i negatives, a curt i llarg termini, tant en el camp com en les ciutats. En el camp destaca la disminució de la pressió de la població sobre els recursos, disminuint la desocupació i la misèria. A més, amb la Revolució Industrial es milloren les tècniques emprades en les activitats agropecuàries.

Però aquesta emigració, sobretot de gent jove, comportà a la vegada una disminució de la vitalitat de la població del camp (envelliment de la població), i desequilibris en la composició de la població per edat i sexe.

A més, s'encareixen els costos dels serveis en disminuir el nombre de persones que reben aquests serveis. Pel que fa a la ciutat, cal destacar que va augmentar notablement la taxa de vitalitat de la població, degut a la migració dels joves.

A més, es van accentuar les aportacions de capital, ja que molts camperols venien les seves propietats per crear les seves pròpies empreses industrials, artesanals o comercials de petita escala a les ciutats.

En contraposició, va aparèixer una forta competència amb la població urbana al mercat de treball. A la vegada que augmenta la marginalitat de part de la població, així com els preus, no només pel major consum, sinó perquè les remeses dels immigrants als seus llocs d'origen generen una certa inflació disfressada.

En les següents piràmides d'edat d'Espanya a l'any 2008, s'observa, segons dades del INE, la diferència entre la distribució de la població per edat i sexe segons si es tracta d'un municipi urbà (dreta), o d'un municipi rural (esquerra). I la diferència resideix fonamentalment en la quantitat de població major de 60 anys, molt superior als municipis rurals; i la major quantitat de població en edat reproductiva que es troba als urbans.

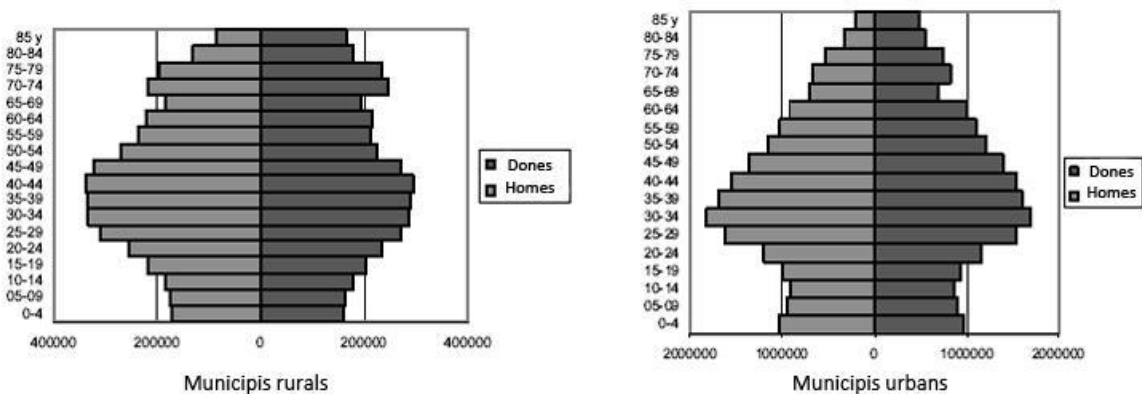


Figura 4.4 Piràmides poblacionals d'Espanya per edat, sexe i tipus de municipi, 2008. Font: "Notícies Jurídiques, a partir de dades del INE".

En molts països desenvolupats, s'ha volgut aconseguir un sistema de vida que pren el millor dels dos mons, el rural i l'urbà. A Anglaterra, per exemple, moltes persones que treballen a les grans ciutats viuen en el camp i viatgen diàriament per poder tenir els avantatges dels dos entorns.

Als Estats Units, el "commuting", és a dir, el trasllat diari entre alguna urbanització o població en el medi rural (i suburbà, amb major freqüència) i les grans ciutats és habitual i involucra a una quantitat creixent de persones.

Tony Garnier va ser un arquitecte i urbanista francès nascut a Lió el 1869, el qual va definir i donar la seva visió respecte el concepte de ciutat industrial, un cop la Revolució Industrial ja es trobava en ple funcionament. Creia en la utilització funcional del formigó, els amplis finestrals, els immobles integrats en zones enjardinades, així com una atenta mirada a la llum, la vegetació, la ventilació i la higiene. El seu desig era el de construir un món on la humanitat, la naturalesa i els objectes convissuessin en completa harmonia.

Una de les seves grans obres va ser la denominada Ciutat Industrial, en la qual Garnier va bolcar totes les seves obstinacions per millorar la convivència humana i el benestar, fet que suposaria una gran influència pels quals, posteriorment, decidirien donar solucions a la distribució de ciutats.

La idea de ciutat industrial atén a les principals funcions de la ciutat: la producció, els

habitatges i la sanitat quan a l'organització de la ciutat es refereix. Definida com un espai públic i organitzat (Garnier, 1901).

Així doncs, la despoblació humana està íntimament relacionada amb el nivell de desenvolupament tecnològic aconseguit de cada àrea del món, tant a la regió que s'està quedant sense habitants per l'emigració, com a les zones receptores d'aquests. Cal recordar que l'abandonament progressiu del camp per part de les polítiques governamentals és la veritable raó que ocasiona molts dels problemes greus que afecten a la població del camp (UN-Habitat, 2006).

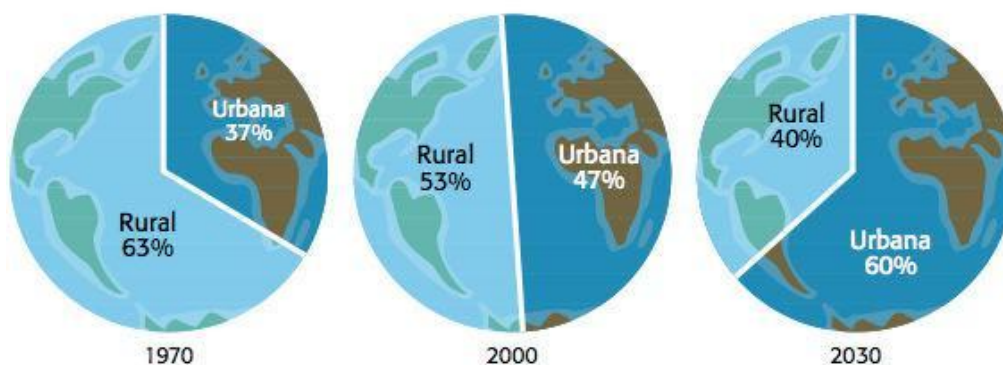


Figura 4.5 Evolució de la població rural i urbana. Font: "UN-HABITAT".

Cal esmentar que a l'any 1950 només 20 de cada 100 persones vivien en ciutats. La població total de les zones urbanes del món sumava 734 milions d'habitants, i només Londres i Nova York albergaven a més de vuit milions de persones. El 1990 la població urbana del món s'havia triplicat fins a aconseguir els 2.390 milions d'habitants i 45 persones de cada 100 vivien a les ciutats. Avui dia, existeixen 20 grans ciutats, amb més de vuit milions d'habitants cadascuna; 14 d'elles en països en vies de desenvolupament.

El futur s'anuncia encara més urbà. Doncs durant la dècada dels noranta, el 83% del creixement de la població mundial correspondrà a les ciutats. La població de les ciutats s'incrementarà en 81 milions de persones cada any, xifra equivalent a altres 10 ciutats de la grandària de Moscou, Delhi, París o Lagos. Es calcula que entre el 2020 i el 2025 parlarem d'un increment de la població urbana de gairebé 100 milions d'habitants anuals.

4.2.3. La situació actual: la ciutat global

El món rural s'urbanitza. I la major part del creixement a les àrees urbanes es concentrarà en els propers anys en petites ciutats, tant en nombre d'habitants com en extensió. Es creu que ja uns 1.200 milions de persones viuen en ciutats de 100.000 habitants, equivalent a una tercera part de la població urbana mundial.

És a dir, pràcticament la meitat de la població urbana mundial de l'any 2010 vivia en concentracions amb menys de mig milió d'habitants. I la projecció que estima Nacions

Unides és que en cinc anys s'afegeixen 500 milions, fins a un total de 2.300 milions d'habitants. En la figura 4.6 es mostra el percentatge de població urbana per països registrat a l'any 2010. En ell, s'observa un elevat percentatge de població urbana a països desenvolupats com ara Austràlia, Nova Zelanda, Bèlgica, Hong Kong, Singapur, Argentina, Gran Bretanya, però també països emergents com Brasil, Kuwait, Qatar, etc.

Esmentar també el baix percentatge de població urbana que manté tot el continent africà, a excepció del Nord, i de regions puntuals com Gabon o Djibouti. I comentar també, que els dos països més poblats del món, la Xina i la Índia, tenen tan sols entre un 25 i un 45% de la seva població en àrees urbanes, quan posseeixen més de mil milions d'habitants cadascun.

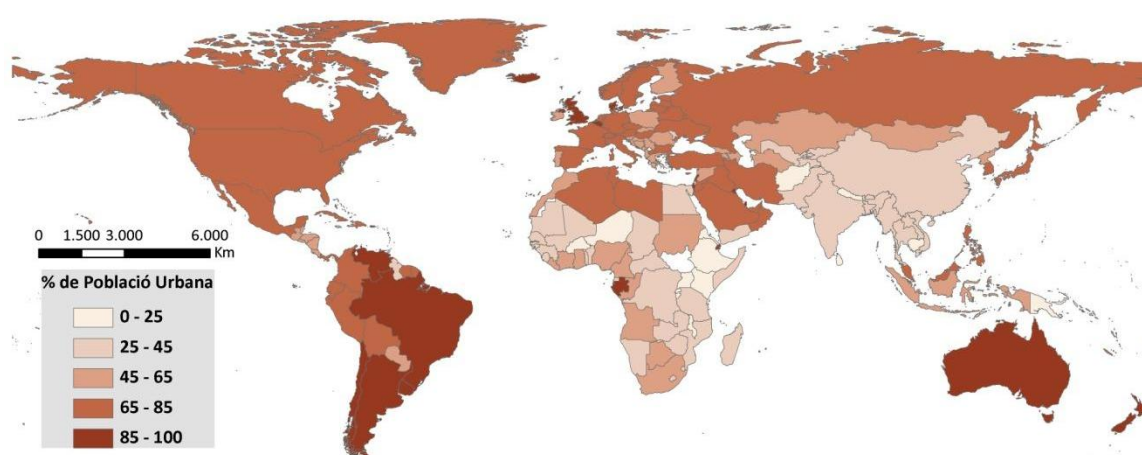


Figura 4.6 Percentatge de població urbana per països a l'any 2010. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de Banc Mundial.

Segons un recent estudi del Banc Mundial, la població urbana de l'est d'Àsia s'espera que augmenti en les dues properes dècades en 450 milions de persones. A les regions del sud i el centre d'Àsia, el increment de població serà aproximadament d'uns 350 milions de persones, mentre que l'augment previst en l'Àfrica subsahariana és de 250 milions entre 2005 i 2025. Els fets descrits aquí poden explicar, almenys en part, perquè l'ajuda humanitària als països subdesenvolupats d'aquestes regions no ha tingut amb prou feines impacte en la disminució de la desigualtat entre les seves zones rurals i urbanes.

Destacar doncs que la globalització de l'economia ha induït a un intens procés de concentració del poder econòmic en unes quantes àrees metropolitanes d'alguns països, de les quals s'exerceix el control i l'adreça de l'economia mundial. Aquestes àrees conformen el que la sociòloga holandesa Saskia Sassen, va donar denominar a l'any 1991, com les *ciutats globals*.

També anomenada *ciutat mundial* o *del món*, es considera com a un gran centre bancari, comercial, financer, en innovació i en mercat. És aquella que té un gran poder o influència a nivell regional, nacional i internacional. Les *ciutats globals* tenen més característiques semblants entre elles mateixes, que amb altres ciutats del seu mateix país (Sassen, 1999).

En el fons, es tracten de contenidors on es concentra el poder, les habilitats i els recursos. Quan més capacitat té una ciutat per concentrar aquests factors, tant més poderosa és la ciutat, en el sentit que pot influir sobre el que passa al seu voltant i al món.

En elles convergeixen els nodes de les principals xarxes de telecomunicacions, doncs estan les seus de les principals institucions financeres, i en elles, se situen els principals centres del poder mundial, llocs en els quals es genera una informació per a la presa de decisions d'alt nivell. Les ciutats globals són, per tant, la base del sistema econòmic capitalista.

Des del punt de vista funcional, en canvi, la *ciutat global* és una ciutat post industrial. La seva raó de ser són les funcions terciàries d'alt nivell, les que permeten controlar l'organització econòmica mundial, s'executen des de les seus centrals de les corporacions i bancs transnacionals.

A elles se sumen els serveis avançats a la producció: assessorament legal i financer, innovació, desenvolupament, disseny, administració, personal, tecnologia de producció, manteniment, transports, comunicacions, seguretat, publicitat, màrqueting, estudis de mercat, fusions, tasques d'adreça, etc. Cal esmentar també, els establiments que satisfan els nous hàbits de consum de la societat contemporània, així com en les activitats culturals.

Manuel Castells, sociòleg i professor universitari a la Universitat de Berkeley, redueix el nombre de *ciutats globals* a tres: Londres per ser el primer mercat financer del món quant a transaccions, a més d'un nus aeroportuari crucial i un dels extrems de l'espinada dorsal econòmica que travessa Europa; Nova York per ser el principal receptor de fluxos de capital i exportador de serveis; i Tòquio per ser el major prestador de capital i seu dels bancs més importants del món, a més d'un centre internacional en economia de serveis, educació, publicitat i disseny (Castells M., 1995). Per a altres autors, no obstant, aquesta selecció és massa reductiva i parlen d'un major nombre de ciutats globals, on s'inclou principalment París.

Així doncs, aquestes són l'escenari en el qual múltiples processos derivats de la globalització adoptant formes concretes i locals. Aquestes formes locals són, en bona part, l'essència de la pròpia globalització. Recuperar l'espai físic per recuperar múltiples presències en aquest paisatge.

Les grans ciutats d'avui dia s'han convertit en un emplaçament estratègic per tota una nova classe d'operacions polítiques, econòmiques, culturals i subjectives. Són un dels nuclis on l'aparició de noves reivindicacions, sobretot per part tant dels poderosos com dels desfavorits, es materialitza i adopta formes concretes.

En definitiva les ciutats globals del món són l'escenari en el qual múltiples processos de la globalització adopten formes concretes i locals. Aquestes formes locals són, en bona part, l'essència de la globalització. Recuperar l'espai físic significa recuperar una multiplicitat de presències en aquest paisatge.

Doncs les grans ciutats d'avui dia s'han convertit en un emplaçament estratègic per tota una

nova classe d'operacions polítiques, econòmiques, culturals i subjectives. Són un dels nuclis on l'aparició de noves reivindicacions es materialitza i adopta formes concretes (Sassen, 1999).

4.3. Establiment de la tipologia del creixement urbà

4.3.1. Com creixen les ciutats: Quins tipus de creixement són possibles?

El creixement de les ciutats ha estat paral·lel a la transformació de l'entorn natural, que es va omplint de construccions i sistemes favorables per a la convivència, el intercanvi, l'elaboració de matèries primeres i productes. Segons els urbanistes, el segle XIX és el tercer estadi de la urbanització; doncs en els dos anteriors encara hi havia un equilibri entre l'obra humana i el medi natural.

Abans de la Revolució Industrial, les ciutats eren petites i comptaven amb poca població; però després d'aquesta, el creixement de les ciutats i la urbanització es van donar de forma accelerada, principalment a causa de les repercussions que va tenir la màquina de vapor, els telers industrials i el increment i millora dels mitjans de comunicació, entre altres (Cardwell, 1996).

Cal esmentar que abans d'aquest període, el creixement de les ciutats estava limitat per la seva situació propera a les rutes que podien ser d'enllaç amb altres regions, com les ciutats portuàries comentades anteriorment. En canvi, des d'inicis del segle XIX les ciutats productores de carbó i altres minerals, així com les que comerciaven amb cotó, pedra calcària, fusta o ceràmica, van començar a créixer gràcies a que la màquina de vapor, que va servir d'enllaç comercial, propiciant el desenvolupament de les velles ciutats i el sorgiment de noves. Així doncs, com a conseqüència de la industrialització, es va accentuar una diferenciació entre el centre i els barris circumdants, construïts amb àmplies avingudes. Es tractava dels nous barris burgesos, a la vegada que a les afores, estaven els barris obrers, propers a les fàbriques, la majoria sense serveis humans.

Actualment, existeix un consens cada vegada més estès que afirma que les ciutats estan experimentant canvis profunds per transformacions derivades dels processos de globalització econòmica i cultural. Els canvis ocorreguts amb la mundialització de l'economia i la transformació dels sistemes productius, així com els avanços tecnològics en les telecomunicacions i en la generalització de la mobilitat privada, han alterat la utilització del territori per diferents grups socials, fins al punt que actualment es parla d'una nova relació societat- territori (Font, 1999).

Gran part dels estudis urbans i territorials sobre aquestes transformacions coincideixen que un dels canvis més significatius és la recuperació de la importància de les ciutats, i el seu creixement, desencadenant noves formes d'expansió metropolitana, diferents a les observades en l'època industrial (De Mattos, 1992). Juntament amb la reestructuració urbana, apareix un

fenomen destacable dins de la transformació actual de la ciutat, i és el sorgiment de noves formes o tipus de creixement. En recents estudis, i des de les més diverses perspectives, s'ha vingut analitzant el problema de caracteritzar les parts de la ciutat, després de la transformació producte dels canvis esmentats.

Tal i com ja s'ha esmentat, la mida de les ciutats no va parar de créixer des del segle XIX. Si el 1800 no hi havia al món cap ciutat que superés el milió d'habitants, en arribar a les acaballes del segle ja hi havia dotze que superaven el milió. Moltes d'aquestes ciutats van prosperar al voltant de les fàbriques, casos destacats de Manchester o Liverpool, mentre que d'altres van basar el seu creixement en el desenvolupament del comerç, com ara Marsella.

Com a conseqüència d'aquest creixement basat en una emigració ràpida i sense planificació, les ciutats van patir un creixement desordenat, una reordenació de l'espai i una millora les infraestructures. Les velles muralles van ser enderrocades i al seu lloc es van construir àmplies avingudes per tal de permetre-hi una circulació més fluida (Balbo, 2003).

S'hi van edificar nous barris i eixamples, amb cases de bona qualitat, carrers ordenats i tot tipus de serveis, que van convertir-se en les zones residencials de la burgesia. Mentre que els nous obrers que arribaven fixaven la seva residència en habitatges de baixa qualitat situats a les zones més degradades dels nuclis antics o dels barris perifèrics de nova construcció, uns barris que es trobaven al costat de les fàbriques amb la conseqüent degradació i contaminació de l'aire, i que no comptaven amb serveis públics (aigua, llum, transport, etc.).

D'altra banda, els serveis urbans van ampliar-se com a resultat de l'enllumenat elèctric dels carrers, l'asfalt dels carrers i la construcció del clavegueram. Al mateix temps, l'electrificació del transport urbà va facilitar els desplaçaments en massa gràcies als ferrocarrils urbans de superfície (tramvies) i als subterranis (metro). A més, la utilització del formigó va permetre la construcció d'edificis cada cop més alts (Moreno V., 2010). De manera que existeix una extensa evidència que indica que la major part de l'activitat econòmica d'un país té lloc a les seves ciutats.

És un fet irrefutable que el món en el qual vivim serà essencialment urbà en els propers cinquanta anys, tan sols cal contemplar l'evolució soferta a la ciutat de Xangai en escassament vint anys, amb la construcció d'un munt de gratacels en una àrea antigament verda.



Figura 4.7 Instantànies de la ciutat de Xangai a l'any 1990 (dalt) i el 2010 (baix). Font: "Catherine Rampell".

A literatura sobre aquest tema ha destacat dos principals factors com a causants del creixement de les ciutats: la presència d'algun tipus d'economia d'aglomeració (mesurat per la composició industrial de la ciutat, el nivell d'educació dels seus habitants, etc.) i l'existència de "avantatges naturals" de les ciutats (clima temperat, proximitat a rius o costes, etc.).

Alguns autors han indicat que, a pesar que aquestes variables puguin tenir importància, a llarg termini, les ciutats creixen de forma aleatòria, és a dir que és molt difícil predir la seva taxa de creixement. En concret, l'anomenada llei de Gibrat estableix que la grandària d'una ciutat en un moment donat no està correlacionat amb el seu futur creixement (Gibrat, 1931).

D'altra banda, una llei extremadament popular en economia urbana és l'anomenada llei de Zipf. Estableix que la grandària d'una ciutat és proporcional al seu rang. Una forma senzilla d'interpretar la llei de Zipf és que la major ciutat d'un país té, aproximadament el doble de població que la segona major ciutat, tres vegades més que la tercera, etc. (Sampedro, 2009). Per sorprenent que sembli, existeixen diversos detallats estudis que demostren que aquesta llei funciona estupendament per explicar la grandària de les ciutats de pràcticament tots els països del món, almenys des de l'any 1970.

L'any 1999, Xavier Gabaix, professor de la Stern School of Business en la New York University, va demostrar que la llei de Gibrat implica matemàticament la llei de Zipf: si un sistema de ciutats creix de forma aleatòria, eventualment la seva distribució seguirà la llei de Zipf (Gabaix, 1999).

Existeixen pocs estudis que contrastin la validesa empírica de la llei de Gibrat. A més, la major part dels treballs que s'han escrit s'han basat en un o dos països o en un horitzó de temps bastant reduït.

L'estudi de com creixen les ciutats destaca avui dia en països en vies de desenvolupament, però també és rellevant per a països desenvolupats. Per exemple, en el context de la possible ampliació de la Unió Europea, és important entendre on residirà el flux d'immigrants dels nous estats membres. Això sembla especialment rellevant davant l'hipotètica possibilitat que un país com Turquia, amb una població 1,5 vegades la d'Espanya, s'incorpori a la unió en un futur.

En conclusió, cal dir que la història dels països desenvolupats ha estat lligada als factors relacionats amb la Revolució Industrial, que han modificat substancialment la faç de la superfície terrestre. Dos han estat les conseqüències més importants que aquest fet ha produït a nivell interurbà: el creixement de la població urbana i la transformació del sistema de ciutats.

Així doncs, la taxa d'urbanització ha seguit una tendència diferent en un país desenvolupat de l'òrbita occidental que en un país subdesenvolupat. La taxa de concentració urbana va tenir un moment àlgid cap a finals del segle passat en la majoria dels països desenvolupats d'Europa. El ritme de creixement ha continuat sent important durant una bona part del segle XX, havent descendit notablement durant els últims anys. Als països del Tercer Món la concentració de la població és un fet més recent, i s'ha produït de forma explosiva (Puyol, 2012).

El perquè del creixement de les ciutats és una qüestió difícil de contestar. Els factors han anat evolucionant, la qual cosa ha tingut com a conseqüència que el ritme de variació de la població urbana sigui diferent d'unes etapes a unes altres. L'anàlisi dels factors del creixement urbà ha de realitzar-se tenint present l'evolució i transformació de la ciutat, així com l'àrea geogràfica.

Segons un estudi de les Nacions Unides, es creu que entre el 2007 i el 2025, la població urbana mundial s'espera que augmenti en 1,3 milions de persones. Xina, amb un augment de 261 milions d'habitants, i l'Índia, amb 197 milions, s'espera que representin el 36% del increment global. Es preveu també un increment de la població urbana de l'ordre del 29% a països com Nigèria, la República Democràtica del Congo, Bangladesh, Indonèsia, Pakistan, Filipines, Brasil, Mèxic i Estats Units. En conjunt, la Xina i l'Índia es preveu que representaran el 32% del creixement urbà durant el període.

En la *figura 4.9* es mostren les estimacions dels percentatges de població urbana mundial per als anys 2025 i 2050 (Nations, An overview of urbanization, internal migration, population distribution and development in the world, 2008).

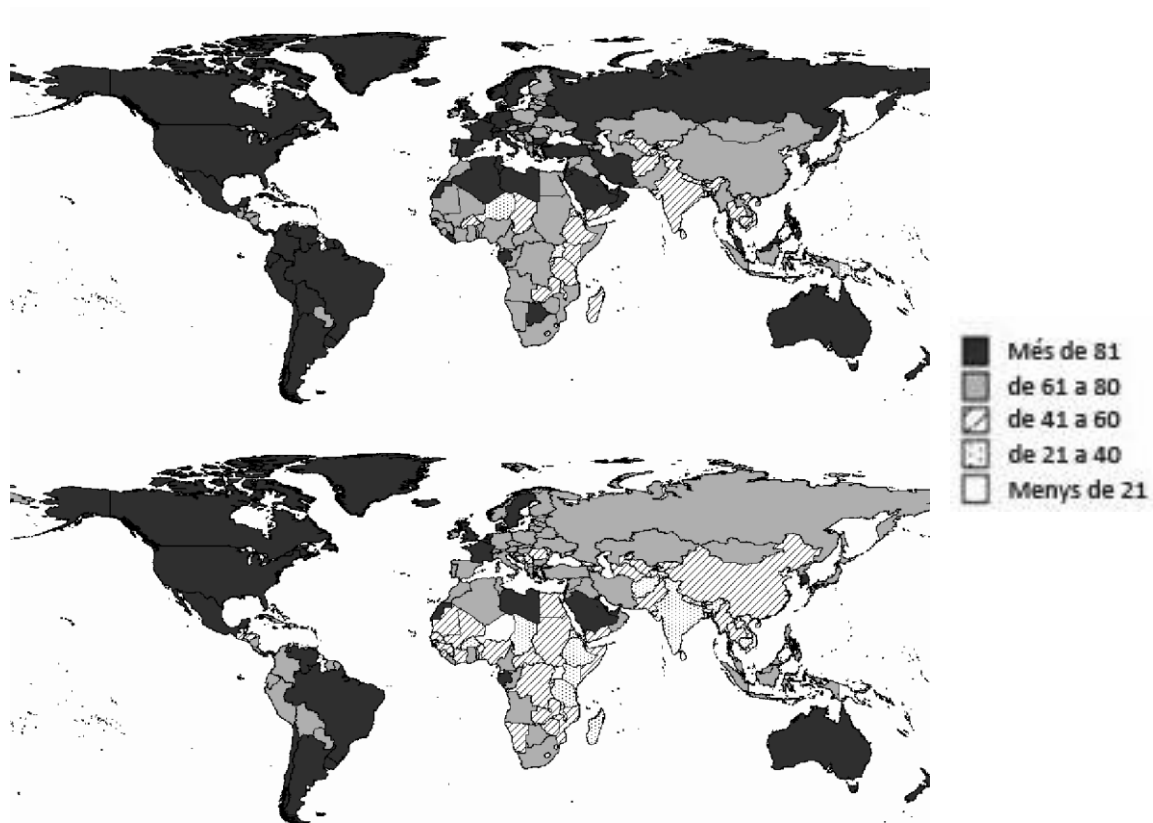


Figura 4.8 Percentatge de població urbana per països als anys 2025 (dalt) i 2050 (baix). Font: "ONU: World Population Prospects, the 2006 Revision".

4.3.2. Model de creixement Europeu

Segons l'observatori de la sostenibilitat espanyola (OSE), a l'any 2020, aproximadament el 80% dels europeus residirà en zones urbanes. En 7 països, la proporció serà del 90% o més. En conseqüència, s'aguditzarà la demanda de sòl en les ciutats i els seus voltants. Tots som testimonis dels canvis ràpids, visibles i conflictius en els usos del sòl, que modifiquen els paisatges i afecten al medi ambient de les ciutats i del seu entorn com mai abans.

Les ciutats s'estenen reduint les distàncies entre elles i el temps que es triga a passar d'una a una altra. Aquesta extensió de les ciutats té lloc per tota Europa, impulsada pels canvis en l'estil de vida i les pautes de consum, i es coneix generalment amb el nom d'expansió urbana descontrolada (Toynbee, 1967).

Les dades disponibles demostren de manera concloent que aquesta ha acompanyat al creixement de les ciutats europees durant els últims 50 anys. Es parla d'expansió urbana descontrolada quan la taxa de canvi de l'ús del sòl de rústic a urbà és superior a la taxa de creixement demogràfic d'una determinada zona durant un període determinat. L'expansió urbana descontrolada s'hauria de considerar un dels principals reptes comuns als quals ha de fer front l'actual Europa urbana.

Un recent estudi d'àmbit europeu revela que les ciutats creixen ràpidament i sense fre: més del 5% en un decenni, equivalent a tres vegades la superfície de Luxemburg. Les zones on més s'aprecien els efectes de l'expansió urbana és en països o regions que registren una elevada densitat demogràfica i un nivell elevat d'activitat econòmica (Bèlgica, els Països Baixos, Alemanya meridional i occidental, el nord d'Itàlia o la regió de París), o un ràpid creixement econòmic (Irlanda, Portugal, Alemanya oriental o la Comunitat de Madrid). A més, aquesta expansió es posa especialment de manifest als països que s'han beneficiat de polítiques regionals de la UE i del seu finançament.

També s'observen noves pautes de desenvolupament, entorn de petites ciutats o en el camp, al llarg dels corredors de transport i de moltes zones del litoral que solen estar connectades a valls fluvials. A Europa, el creixement de les ciutats ha estat impulsat històricament per l'augment de la població urbana. Però en l'actualitat, malgrat l'escassa o nul·la pressió demogràfica, existeixen diversos factors que segueixen impulsant l'expansió, l'origen de la qual està en el desig de portar un nou estil de vida en l'extraradi, lluny del centre de les ciutats.

Entre les causes que generen aquestes tendències, trobem les socioeconòmiques. La qualitat dels sistemes de transport, el preu del sòl, les preferències individuals en matèria d'habitatge, les tendències demogràfiques, les tradicions i limitacions culturals i l'atractiu de les zones urbanes existents són factors que influeixen en la manera en què es desenvolupa una àrea urbana (Sassen S., 2003).

Una altra de les causes principals és l'aplicació de polítiques d'ordenació en l'àmbit local i regional. Incentivada pels Fons de Cohesió i pels Fons Estructurals de la Unió Europea, que financen el desenvolupament de les infraestructures, fent que l'expansió descontrolada s'hagi accelerat en resposta a la millora de les connexions de transport i l'augment de la mobilitat personal.

Les ciutats són per naturalesa llocs on es concentren grans quantitats de persones en petites superfícies. Això presenta certs avantatges evidents per al desenvolupament econòmic i social. En alguns aspectes, pot fins i tot ser beneficiós per al medi ambient. Per exemple, l'ús del sòl i el consum d'energia tendeixen a ser menors a les àrees urbanes en comparació de les àrees de població dispersa. El tractament dels residus i de les aigües residuals es beneficia d'economies d'escala.

D'aquesta manera, els problemes tradicionals de salut ambiental derivats de una aigua potable que presenta riscos, uns sanejaments inadequats i uns habitatges deficients, bàsicament han desaparegut de les ciutats de la Unió Europea.

No obstant això, la població urbana encara sofreix problemes ambientals severs i localitzats, com l'exposició al soroll, episodis de contaminació atmosfèrica de gran repercussió, la gestió dels residus, les restriccions d'aigua potable i la falta d'espais oberts.

De totes maneres, cal esmentar que l'actual tendència cap a la creació de noves àrees urbanes

de baixa densitat està generant un augment del consum. En els últims 50 anys, la quantitat d'espai per persona a les ciutats europees ha augmentat més del doble. En els últims 20 anys, la superfície construïda en molts països d'Europa occidental i oriental ha augmentat un 20%, mentre que la població només ha crescut un 6%. En particular, el transport i la mobilitat segueix sent un repte crucial per a l'ordenació urbana. Les infraestructures de transport tenen molt diversos efectes sobre els paisatges (UN-Habitat, 2006).

La mobilitat i l'accessibilitat han estat i són factors clau per a la cohesió territorial i urbana d'Europa. També són elements essencials per millorar la qualitat de vida de les comunitats. Es creu que els quilòmetres recorreguts per carretera en àrees urbanes augmentaran un 40% entre 1995 i 2030. El parc d'automòbils de la UE 10 encara no ha aconseguit els nivells de la UE 15, la qual cosa indica que encara cal esperar un major creixement. Si no es fa res sobre aquest tema, és previsible que la congestió de les carreteres augmenti de forma significativa fins a 2010 i que els costos que implica s'elevin fins a aproximar-se a l'1% del PIB de la Unió Europea. No obstant, les infraestructures de transport impliquen una mica més que anar afegint quilòmetres de carretera i ferrocarril. Aquestes infraestructures han de formar part d'un enfocament global, que tingui en compte el veritable impacte de les inversions dirigides a crear i sostenir les economies urbanes locals.

Doncs ha de ser part d'un desenvolupament equilibrat i policèntric, que redueixi els danys al medi ambient. Però les estratègies i instruments per controlar l'expansió urbana descontrolada depenen en gran mesura de la realitat actual d'Europa, on existeixen diversos nivells de govern relacionats, des de l'àmbit local fins a l'europeu. Això és així especialment en el cas dels importants fluxos financers que modelen els pressupostos d'ordenació. En l'actualitat, les polítiques d'ordenació solen ser el reflex de la lògica del mercat.

En aquest sentit, seria millor que reflectissin una visió del desenvolupament urbà, en la qual s'integressin plenament les consideracions ambientals i socials en les polítiques d'ordenació territorial en totes les fases del cicle, des de la identificació del problema i la formulació de polítiques fins la seva aplicació i avaluació.

En línies generals, el desenvolupament urbà d'Europa ha tingut un caràcter desigual durant tota la seva història. Les primeres aglomeracions importants es van desenvolupar en l'edat Antiga, entorn del mar Mediterrani.

L'Imperi romà a partir de la seva capital, Roma, que és la primera població que es pot considerar com a gran ciutat, creà una cultura urbana en els seus dominis, entre els quals es trobava part d'Europa (des del mar Mediterrani en totes els seus marges, arribant fins a Gran Bretanya).

Posteriorment, en l'Alta Edat Mitjana la gran urbs del continent és Còrdova, capital del Califat musulmà que dominava Al-Àndalus. Altres grans ciutats també es van desenvolupar amb el islam, com Sevilla, Granada, Toledo i Palerm.

De l'antiguitat clàssica solament mantindria la seva importància Constantinoble (Istanbul),

que va seguir sent capital de l'Imperi bizantí, mentre que Roma estava en certa reculada, així com altres poblacions. Així doncs, les majors urbs se situaven en el sud d'Europa, amb el centre i nord vivint en una societat agrària i feudal.

Seguidament, van florir novament les ciutats en la resta del continent gràcies a la millora de les condicions de vida que va impulsar la indústria, les fires, els negocis i, en definitiva, el comerç. Així destaquen per la seva importància Barcelona, València, Brussel·les, Milà, Gènova, Venècia, Florència, Colònia i Hamburg. Altres ciutats com París, Londres i Viena, van unir a la seva prosperitat comercial una creixent importància política en convertir-se a les capitals nacionals de poderosos estats.

A partir del segle XVI es viu a Europa una veritable revolució demogràfica i urbana tal i com s'observa al següent gràfic, impulsada principalment pel increment en el comerç internacional. Ciutats com Sevilla, València, Lisboa, Londres, Anvers i Rotterdam, es desenvolupen, com s'ha comentat anteriorment, a partir dels seus ports. Roma, centre del poder papal, recobriria la seva importància, i Constantinoble, ara Istanbul, seguiria sent la gran urbs del Mediterrani oriental en ser la capital de l'Imperi otomà.

Com s'observa a la següent figura, arribats al segle XIX, es va produir un creixement sense precedents de París, Viena, Moscou, Sant Petersburg i les ciutats angleses i alemanyes, especialment les capitals, Londres i Berlín. La capital britànica es convertiria en la major ciutat del món des de 1825 fins a 1925.

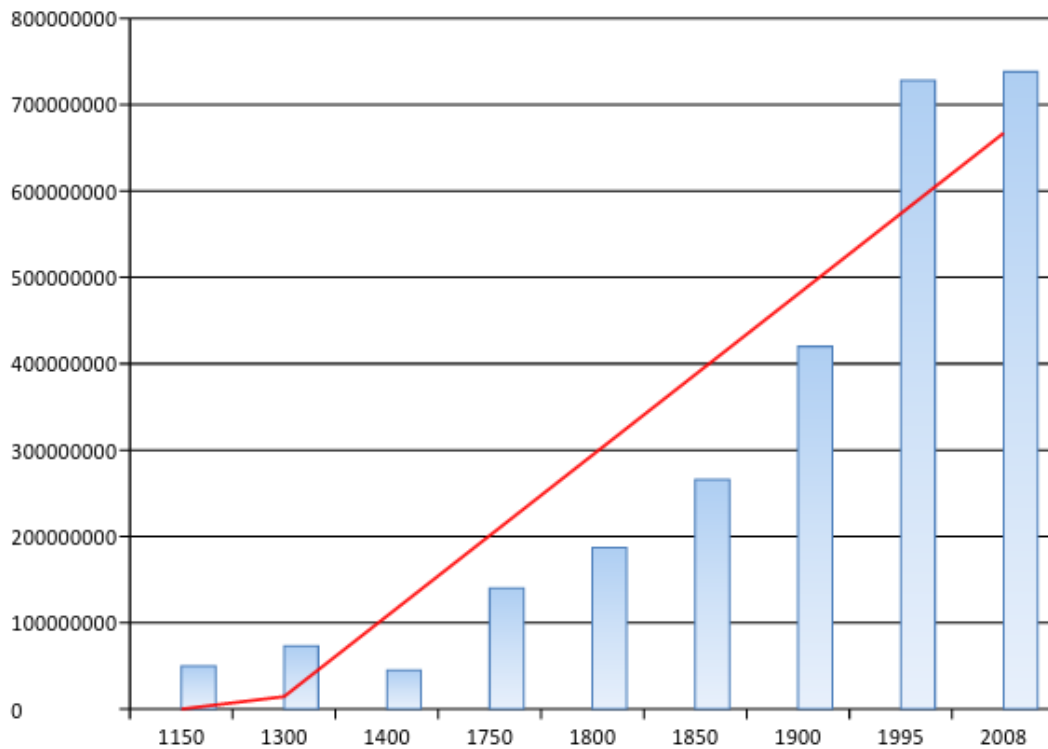


Figura 4.9 Evolució demogràfica i línia de tendència d'Europa entre el 1150 i el 2008. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de les Nacions Unides, 2008.

El fenomen alemany és particularment destacat, doncs a causa de la ràpida industrialització del país, aconseguïen consolidar-se nombroses ciutats en els focus de producció del riu Rin. D'aquesta manera, a l'any 1900, quatre de les cinc majors ciutats del Món estaven a Europa.

Al segle XX el continent experimenta grans contrastos en el desenvolupament de les seves ciutats, que va des de la devastació de diverses d'elles (principalment a Alemanya), durant la Segona Guerra Mundial, el creixement per l'èxode rural a Espanya, i el dens creixement de les grans ciutats i l'expansió dels seus límits, generalment a costa de poblacions properes més petites (ONU, 2004).

El procés de creació de suburbis va anar acompanyat per la pèrdua de població de les ciutats centrals, fenomen que s'ha detingut a partir del segle XXI amb la revitalització de les ciutats de la mà d'un nou auge demogràfic, com és el cas de París, Londres, Madrid o Viena (Nations, 2000).

Actualment, la majoria dels ciutadans de la Unió Europea (UE) viu en zones urbanes. Fet que fa de les ciutats, espais que no deixen d'experimentar problemes socials, mediambientals i econòmics.

La figura 4.10 mostra les principals àrees urbanes del continent europeu (en negre) i el percentatge de població urbana per països, on es concentren, a la vegada, els majors volums de densitats de població. S'observa clarament doncs la importància de les grans ciutats europees a l'hora d'aglutinar extenses àrees urbanes al seu voltant.

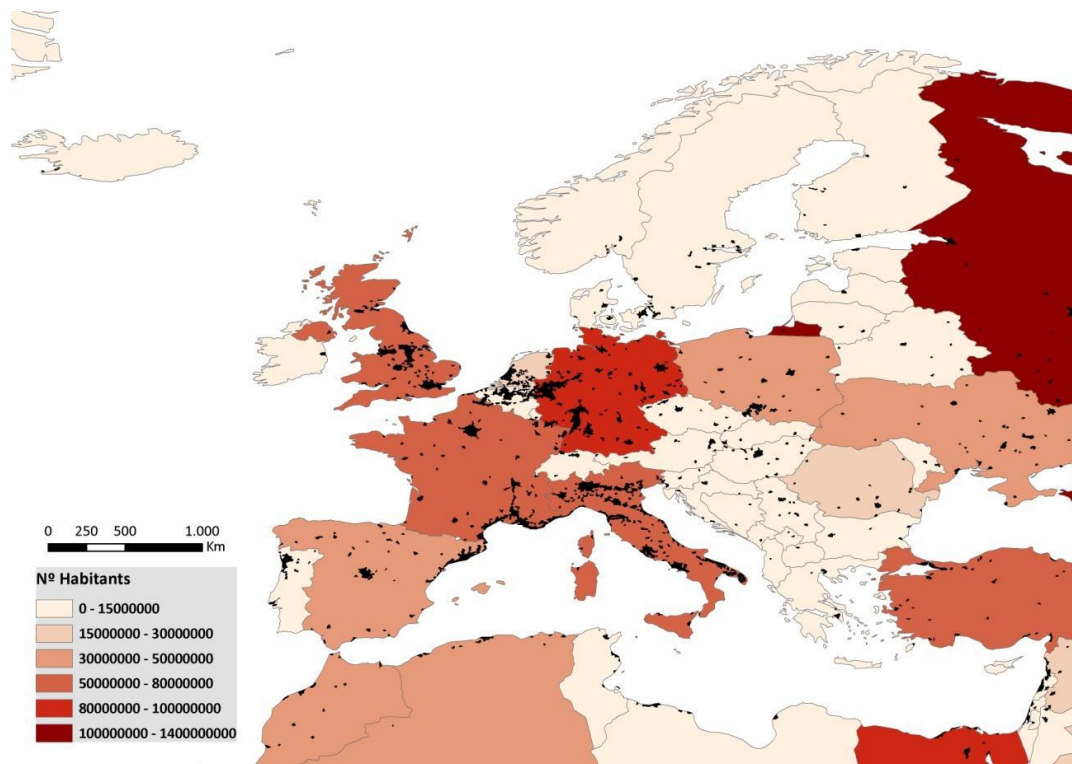


Figura 4.10 Percentatge de població urbana a Europa per països i principals àrees urbanes europees a l'any 2010. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de Eurostat, 2011.

4.3.3. Model de creixement d'Espanya

Deixant de banda la contribució de Roma a la urbanització de la península, el que s'hauria de considerar com a primer urbanista espanyol va ser el frare valencià Francesc Eiximenés, que al segle XIV va tractar la forma de la ciutat ideal en els seus escrits teològics, obres que van tenir gran repercussió en la forma dels nous poblats que en aquells dies s'anaven creant en el regne de València i fins i tot en el fronterer regne de Castella.

Posteriorment, en l'Edat Moderna, no apareixen senyals en la península que hi hagués preocupació pel traçat urbà, de manera que les poblacions van seguir la tònica de creixement orgànic de les ciutats mediterrànies.

Durant el segle XVIII, entre els arquitectes espanyols va seguir la preocupació pel urbanisme, centrat en les nocions de racionalisme i salubritat, que es portava fent a Amèrica des de segles abans, amb la particularitat que ara, amb les idees procedents de França i d'Itàlia, es va afegir la preocupació per la reforma de les ciutats de la península i no sobre la creació de noves (Hernando, 1989).

La situació a l'arribada de la dinastia borbònica a Espanya es caracteritzava per l'existència d'una arquitectura d'estil barroc, desconnectada dels corrents classicistes europees. La mala administració econòmica de l'últim imperi Àustria havia aguditzat els problemes tradicionals de la ciutat peninsular: amuntegament, falta d'infraestructures sanitàries, mala qualitat de l'edificació o absència d'espais lliures dins dels recintes emmurallats. El principal esforç del programa arquitectònic borbònic es va dirigir a l'envelliment de Madrid i dels Reals Llocs on es representava el poder del monarca, seguint el model de la cort francesa. El programa urbanístic més ambiciós va ser l'eix del Prado, amb la intenció de donar continuïtat a la ciutat per l'est (Jürgens, 1992).

L'obertura de places i expansió fora de muralles es va veure afavorida per la desamortització, que va tenir el seu punt àlgid entre 1835 i 1837. En ciutats com Madrid o Màlaga, les propietats de l'Església ocupaven la quarta part de la superfície disponible, percentatge que era encara major en ciutats més petites. Tan sols el retard de la industrialització, va permetre posposar l'enderrocament de muralles i creació d'eixamples fins a la dècada de 1850.

A Espanya, el retard industrial durant el segle XIX, va evitar el naixement de les anomenades ciutats carbó, desenvolupades en l'Europa industrial i als Estats Units. La cada vegada major concentració de la població en algunes ciutats va donar lloc a una escassetat d'habitatges i el descens de les condicions de vida. A Madrid sobretot van destacar les cases corredor o cases dels humils, on vivien els treballadors urbans.

En absència de grans concentracions d'obriers industrials, es tractava més aviat d'una població artesana, a la qual el propi habitatge servia alhora de taller per als seus treballs (Jürgens, 1992).

El sistema urbà espanyol de 1857 estava integrat per un conjunt de centres urbans de

grandària reduïda, a excepció de la ja esmentada Madrid, i una franja perifèrica. La resta, sobretot l'interior, destacava per una extensa xarxa de nuclis urbans petits.

Aquesta distribució era conseqüència d'una Espanya de caràcter rural predominant, on les ciutats destacaven per la seva funcionalitat comercial i administrativa, amb reduïdes relacions entre els components del seu sistema urbà, com corresponia a un país endarrerit, amb baix nivell d'industrialització.

Els canvis econòmics i socials que van acompanyar al trànsit de l'estadi pre-industrial a l'industrial es van materialitzar en els anys seixanta (Urrutia, 1997). El sistema urbà espanyol va sofrir una transformació que pot ser observada a la xarxa urbana de 1970.

Les ciutats del sistema interurbà van créixer a un ritme molt elevat, fruit de la nova funcionalitat industrial, la qual cosa va provocar grans moviments migratoris del camp a la ciutat i la concentració d'inversions i mitjans de producció en les grans urbs.

Cal esmentar la importància dels eixamples a nivell espanyol, doncs van ser un factor important en la redistribució de les ciutats. El concepte d'eixample fa referència a un terreny urbà que, de forma planificada, generalment es dedica a noves edificacions als afores d'una ciutat. L'habitual és usar la quadrícula per confeccionar una pauta senzilla bidimensional (Terán, 1980). Els eixamples de les grans ciutats daten de finals del segle XIX, en plena Revolució Industrial, quan el creixement demogràfic i les noves activitats industrials, que necessitaven gran quantitat de terreny, van obligar a l'actuació urbanitzadora sobre els terrenys rústics en els extramurs de la ciutat. Doncs les antigues muralles retenien les poblacions, i havien perdut la seva funció militar. Aquest creixement va permetre adaptar les ciutats als nous mitjans de transport com el ferrocarril, intentant solucionar els problemes de salubritat i higiene que presentaven moltes poblacions espanyoles.

Fins al 1975 les ciutats espanyoles, especialment les majors, presentaven una elevada taxa de creixement real i un elevat índex d'urbanització, sustentades a un creixement vegetatiu alt i a una forta taxa d'immigració. Si bé la situació canvia a partir de 1975 quan les zones rurals, els caps de comarca i especialment les petites i mitjanes ciutats presenten xifres de creixement vegetatiu més alt que les grans ciutats al 1980. Així doncs, el procés de desconcentració de la població des de les grans ciutats a les àrees suburbanes i a les ciutats petites i mitjanes del seu entorn, va originar un envelliment de la població dels municipis centrals i un rejuveniment dels municipis receptors. Posteriorment, el desenvolupament turístic va fer la resta (Geopress, 2009).

El la següent figura es mostra l'evolució demogràfica i la línia de tendència ascendent i continua que ha sofert el territori espanyol al llarg dels últims 100 anys:

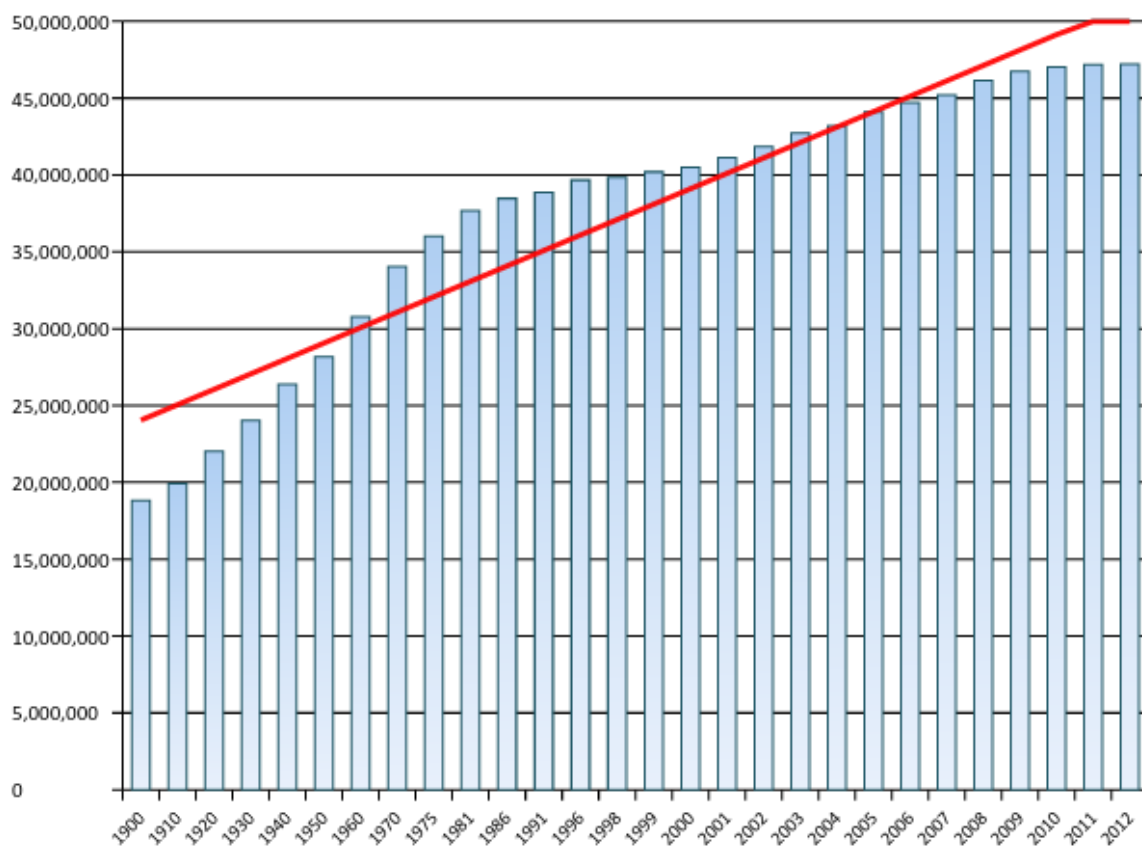


Figura 4.11 Evolució de la població espanyola entre el 1900 i el 2012. Font: Elaboració pròpia a partir de dades del INE, 2012.

4.3.4. Model de creixement de Catalunya

Una de les característiques de l'evolució històrica del sistema urbà de Catalunya ha estat la forta atracció que ha exercit la ciutat de Barcelona sobre la població de la resta del territori català i espanyol. Aquesta atracció es va traduir en un fort creixement al llarg de la dècada dels anys seixanta, que va concentrar-se no tan sols a la capital sinó també en algunes ciutats del seu entorn, formant un continu urbà dens i congestionat amb característiques metropolitanes.

Si bé aquesta atracció de població ha estat especialment intensa des de mitjans d'aquest segle, sembla que el corrent cap al centre metropolità ha començat a disminuir en la dècada dels vuitanta. Aquest fet ha comportat que les dinàmiques de creixement es comencin a traslladar cap als municipis més externs del conjunt metropolità o cap a d'altres ciutats de Catalunya (Sau, 1995).

Per estudiar aquest fenomen, emmarcar-lo en l'evolució recent del sistema urbs i preveure'n una trajectòria, es va adaptar un model de creixement dinàmic que permetés estudiar l'evolució urbana com un conjunt.

Per assolir aquests objectius es va triar el model elaborat pel geògraf anglès Peter Hall on s'estableix la successió d'etapes de creixement d'un sistema urbà.

La característica principal d'aquesta evolució és el pas d'una concentració inicial del creixement de la població en el sistema urbà principal, a la redistribució d'aquest sistema cap a la resta de sistemes urbans (Hall, 1984).

Cal destacar que durant la primera meitat del segle XX, la població catalana va créixer acceleradament, amb taxes de creixement superiors a la mitjana nacional. El 1900, Catalunya tenia 1,9 milions d'habitants, dels quals el 53% vivien a la província de Barcelona. Al mateix any, la població de Catalunya representava el 10,5% del total d'Espanya.

A la Regió metropolitana de Barcelona, l'any 1989, 143 municipis dels 162 que la integren disposaven d'alguna figura de planejament urbanístic destinada a regular el creixement i l'edificació en cada terme municipal. La lògica del planejament ha estat ambiciosa: cerca, en cada cas, posicionaments de competitivitat i creixement sostingut on la lògica econòmica, quasi en exclusiva, ha imperat per sobre de la resta de lògiques que intervenen en el territori.

Taula 4.1 Població per províncies i totals de Catalunya i Espanya entre el 1900 i el 2012 (*), dades provisionals. Font: "IDESCAT, 2012".

Any	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Catalunya	Espanya	% Cat. / Esp.
2012*	5.549.224	760.722	442.370	813.287	7.565.603	47.212.990	16
2011	5.529.099	756.810	442.308	811.401	7.539.618	47.190.493	16
2010	5.511.147	753.046	439.768	808.420	7.512.381	47.021.031	16
2005	5.226.354	664.506	399.439	704.907	6.995.206	44.108.530	15,9
2000	4.736.277	565.599	361.590	598.533	6.261.999	40.499.791	15,5
1998	4.666.271	543.191	357.903	580.245	6.147.610	39.852.651	15,4
1991	4.654.407	509.628	353.455	542.004	6.059.494	38.872.268	15,6
1986	4.614.364	488.342	352.049	523.883	5.978.638	38.473.418	15,5
1970	3.915.010	412.357	347.101	433.138	5.107.606	34.041.535	15
1960	2.838.801	351.645	334.567	363.472	3.888.485	30.776.935	12,6
1950	2.215.901	322.371	323.460	356.864	3.218.596	28.172.268	11,4
1940	1.935.707	324.766	308.851	346.433	2.915.757	26.386.854	11,1
1930	1.728.683	331.389	319.857	351.698	2.731.627	24.026.571	11,4
1920	1.340.906	330.774	324.894	359.334	2.355.908	22.012.663	10,7
1910	1.136.068	324.378	295.645	343.127	2.099.218	19.926.910	10,5
1900	1.052.977	303.829	283.909	343.400	1.984.115	18.830.649	10,5

L'espai s'integra com un component essencial de consum i en conseqüència de negoci, que deslliga el creixement de superfície urbana al creixement de la població, tal com havia anat succeint en etapes anteriors.

Amb l'ocupació del sòl que s'ha dut a terme en les últimes dècades i les previsions del Pla Territorial General de Catalunya d'ocupar com a sistema urbà tots els sòls amb un pendent menor del 20%, resulta prudent pensar que en els propers anys s'ampliaran encara més les pressions actuals sobre les àrees més dinàmiques del territori metropolità per urbanitzar sòls

actualment classificats com a no urbanitzables.

Els municipis que es troben fora de la AMB són els que, juntament amb els altres sistemes urbans, han experimentat un canvi més significatiu.

En la dècada dels cinquanta presentaven unes taxes de creixement relatiu negatives, expulsant la població cap a la resta de sistemes urbans, però aquesta tendència es va reduir en el primer quinquenni dels setanta per modificar el signe relatiu de creixement cap a positiu en el primer quinquenni dels vuitanta.

En la geografia catalana, els sòls planers no són especialment abundants, per la qual cosa la incidència de l'ocupació urbana del sòl i el paper que segreguen les infraestructures de transport són especialment greus en la desestructuració i simplificació dels sistemes naturals. D'aquesta manera, mentre les àrees més muntanyenques es poden preservar millor a causa de les dificultats de la seva urbanització, els corredors fluvials i les planes, especialment les vallesanes, podrien esdevenir, en poc temps, una ciutat contínua.

Pel que respecta a la planificació actual, el Pla territorial general preveu una reestructuració del territori en una doble direcció: equilibrar l'àrea metropolitana de Barcelona a partir de les polaritats de la segona corona metropolitana i equilibrar globalment Catalunya amb la potenciació de les ciutats mitjanes de la resta del territori, per tal que esdevinguin pols d'atracció per a la nova població prevista l'any horitzó del Pla, el 2026. Així doncs, el 60% de la població s'hauria de concentrar a les comarques metropolitanes, i del 40% restant s'hauria d'acollir al grup de les comarques de Girona, del Penedès, Camp de Tarragona, comarques de Ponent i les de la Catalunya central⁷.

Dins de la proposta de equilibri metropolità, el Pla escull, com a sistemes urbans amb capacitat d'acollir nova població, els que sempre s'han identificat com a segona corona urbana, amb la inclusió de Vilanova i la Geltrú i Sitges. També s'identifiquen dues zones que, si bé queden en una posició molt exterior a l'àrea metropolitana actual, el Pla territorial general vol que s'integrin com a futurs pols de descongestió d'aquesta: el de Sant Celoni - Hostalric i la zona de la Tordera i el de Sant Vicenç de Calders - el Vendrell.

Pel que fa a l'àrea metropolitana, entesa com les cinc comarques de la conurbació de Barcelona, es van redactar dos projectes de plans territorials, però el seu estat de redacció no permet fer previsions de les propostes de creixement. Del pla redactat per la Mancomunitat de Municipis de l'àrea Metropolitana de Barcelona, se'n desprèn una preocupació per solucionar els possibles impediments que pot experimentar aquest àmbit en un futur immediat, impediments que no semblen respondre a una planificació global sinó més aviat a qüestions encara no resoltes d'aspectes viaris, d'habitatge o d'equipaments.

Pel que fa al pla de la comissió tècnica, sembla que es volen recuperar i actualitzar alguns criteris del Pla director del 1968, per poder contenir i estabilitzar el creixement de l'àrea

⁷ Arxiu de Dades Municipals. Direcció General de Planificació i Acció Territorial. Departament de Política Territorial i Obres Públiques (Dades de la població municipal de 1950, 1960, 1970, 1975, 1986).

metropolitana i, en tot cas, està pendent l'aprovació del Pla territorial general que és el que marcarà els objectius d'equilibri que cal assolir.

4.4. Aproximació a la comprensió dels entorns metropolitans

4.4.1. Definició d'entorn metropolità

També anomenada àrea urbana o aglomeració urbana, es tracta o fa referència a una àrea d'influència d'una ciutat central vers d'altres de la seva rodalia i que registren una intensitat molt elevada dels fluxos de persones, de béns i d'informació entre elles. Les àrees metropolitanes inclouen les àrees suburbanes que envolten a les ciutats principals, així com altres ciutats importants properes que en conjunt funcionen com una sola conurbació.

El concepte d'àrea metropolitana és indispensable per a comprendre la realitat urbana en l'actualitat: es tracta d'un fenomen que principalment es desenvolupa a partir del segle XIX, relacionat en els seus inicis amb la Revolució industrial i que, sobretot, a final del segle XX afecta a la majoria de les ciutats grans i mitjanes, ja no només produït pel desenvolupament econòmic i social als països desenvolupats, sinó també, a causa de les altes taxes de creixement demogràfic, als països emergents i del Tercer món.

Aquest concepte terminològic sorgeix per primer cop a Amèrica del Nord a l'any 1850. L'Oficina Federal de Cens d'Estats Units el va emprar al 1910 i el 1920, entenent com a zona metropolitana aquella que radicava una ciutat central de més de 200.000 habitants, i que no es trobava inclosa en el radi d'influència d'una altra gran població. Amb posterioritat s'han modificat aquestes limitacions variant matisos o introduint noves variables, però sempre en base a intentar precisar una relació que s'estableixi entre una ciutat important i un territori pròxim que, d'alguna manera, depengui de la ciutat.

El concepte central que diferencia el concepte àrea metropolitana, d'altres organitzacions demogràfiques es troba en l'enfocament que se li doni a aquesta agrupació. Bé sigui la idea d'un sistema radial, centralitzat amb una ciutat principal, o bé la consideració del nucli urbà com la suma d'una o més ciutats principals que al seu torn poden tenir les seves corresponents àrees metropolitanes, i que, a causa del creixement d'aquestes, s'han arribat a fusionar en una agrupació superior: conurbació. En certs casos d'aquest segon model, l'extensió física i la població serien enormes, formant nuclis de desenes de milions d'habitants que agruparien ciutats ja grans i conformant megalòpolis.

En la pràctica, els conceptes de metròpolis, àrea metropolitana, conurbació, megalòpolis i uns altres més generals poden referir-se a la mateixa cosa, però fixant-los prèviament les qualitats o variables que desitgem incloure en l'espai geogràfic, sent típiques la proximitat o la densitat de població, però no definitives.

D'acord a l'estudi realitzat per les Nacions Unides, la proporció de persones que viuen a àrees metropolitanes amb una població superior als 10 milions d'habitants, és petita en comparació

amb la població mundial: el 2003 era al voltant del 3%. Però, aquesta xifra augmentarà els pròxims anys, i s'espera que el 2015 arribi al 4%. El percentatge de població mundial que vivia el 2003 en ciutats amb menys de 500.000 habitants és del 25%.

Taula 4.2 Classificació de les àrees metropolitanes més poblades del món a l'any 2005.
Font: Elaboració pròpia a partir de dades de R.L. Forstall, R.P. Greene, and J.B. Pick.

Posició	Nom de l'àrea metropolitana	País	Població estimada (2005)
1	Àrea metropolitana de Tokyo	Japó	39.100.000
2	Seül – Anyang – Bucheon – Inchon – Pocheon – Seongnam – Suwon	Corea del Sud	24.500.000
3	Zona metropolitana de la Ciutat de Mèxic	Mèxic	20.450.000
4	Àrea metropolitana de Nova York	Estats Units	19.750.000
5	Bombai – Kalyan – Navi Bombai – Thane – Ulhasnagar	Índia	19.200.000
6	Jakarta – Bekasi – Bogor – Depok – Tangerang	Indonèsia	18.900.000
7	Regió metropolitana de Sao Paulo	Brasil	18.850.000
8	Delhi – Faridabad – Ghaziabad – Gurgaon – Nova Delhi	Índia	18.600.000
9	Osaka – Köbe – Kyoto	Japó	17.375.000
10	Xangai	Xina	15.650.000
56	Àrea metropolitana de Madrid	Espanya	5.200.000
79	Àrea metropolitana de Barcelona	Espanya	3.800.000

En la taula anterior es mostren les 10 àrees metropolitanes més extenses del món, segons Forstall⁸ a l'any 2005. L'increment dels entorns metropolitans al qual ens referim, no té perquè fer també referència a un increment de la població de les ciutats que són els centres d'aquestes àrees metropolitanes.

Doncs l'espai disponible edificable dins de les ciutat cada vegada serà més reduït, i la necessitat de generar nous habitatges i edificis es durà a terme als afores d'aquesta, però dins la seva àrea metropolitana.

El 2005 el nombre d'entorns metropolitans arreu del món amb més de 5 milions d'habitants era de 59. El 2015 es creu que en seran unes 70. A més, pel que fa al nombre d'àrees urbanes amb més de 10 milions d'habitants era de 24 el 2005, i es preveu que el 2015 en seran unes 22. De manera que l'expansió dels entorns metropolitans sembla constant a dia d'avui (Forstall, 2009).

Un cas molt proper i que serà objecte d'anàlisi és l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Integrada per 36 municipis amb una població de més de 3 milions d'habitants, una extensió d'uns 630 km² i una densitat aproximada de 5.070 hab./km².

A la vegada, la AMB és una zona geogràfica que va més enllà de l'àrea administrativa, i fou

⁸ R.L. Forstall, R.P. Greene, and J.B. Pick, "Which are the largest? Why published populations for major world urban areas vary so greatly", City Futures Conference, (University of Illinois at Chicago, July 2004).

delimitada inicialment per llei el 1968 amb 3 297 km².

Històricament l'Àrea Metropolitana de Barcelona va ser administrada per la Corporació Metropolitana de Barcelona. És actualment una de les 10 majors aglomeracions metropolitanes europees segons el INSEE, i ocupa una posició capdavantera entre les zones industrials del continent, sent un dels eixos de major desenvolupament econòmic i empresarial en la Mediterrània Occidental.

El dia 21 de juliol de 2011 es va constituir l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), d'acord amb la Llei, aprovada per unanimitat al Parlament de Catalunya, el dia 27 de juliol de 2010 (Sogues, 2010).

L'AMB és una organització institucional de la conurbació urbana que formen Barcelona i altres 35 municipis del seu entorn més proper, i substituint les tres entitats metropolitanes vigents fins aquesta data (Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, Entitat del Medi Ambient i Entitat Metropolitana del Transport).



Figura 4.12 Mapa de la AMB. Font: "Parc Mediterrani de la Tecnologia"

4.4.2. Repercussió dels creixements als entorns immediats

Tal i com s'ha comentat al llarg d'aquest apartat, antigament la població era essencialment rural i vivia al camp o en petites aglomeracions d'habitants. L'existència d'una mà d'obra abundant era molt valuosa per a la realització de les tasques agràries. Aquest equilibri va fallir amb l'arribada de la Revolució Industrial. El progrés tecnològic i productiu va comportar un estalvi de mà d'obra i va impulsar l'emigració a la ciutat.

Actualment la situació existent ha modificat el tradicional èxode camperol a la ciutat, arribant a invertir la tendència en determinats llocs, per dues causes fonamentals: En primer lloc, pel fet que la reserva de població rural ha disminuït considerablement en relació amb la població urbana. I en segon, perquè l'ocupació agrícola disminueix a un ritme més lent que l'industrial.

Durant la fase de major auge dels moviments migratoris a la ciutat, la influència de la natalitat es va deixar sentir amb major vigor a les ciutats populoses, a causa de l'estructura de la seva població rejuenida. La població immigrant destaca perquè la fecunditat és superior a la mitjana. Per contra, la població rural anava envellint-se, disminuint les taxes de fecunditat.

Les taxes de mortalitat han anat en el mateix sentit, a causa dels avanços de la medicina i les condicions higièniques, que van fer disminuir les taxes de mortalitat. La seva repercussió va ser menor a la ciutat que en el camp, doncs es rejueneix l'estructura de la població urbana.

Aquesta situació s'ha modificat sensiblement en les urbs de l'Occident desenvolupat. La frenada de la immigració ha envellit l'estructura de la població, disminuint les taxes de natalitat i augmentant les de mortalitat. A més, la incorporació de la dona al treball i les noves pautes culturals i socials han modificat l'estructura de les taxes específiques de fecunditat. El resultat ha estat una desacceleració del creixement de la població urbana a les grans ciutats.

Als països subdesenvolupats o en vies de desenvolupament, el creixement vegetatiu continua sent molt fort a causa del manteniment d'unes elevades taxes de natalitat i a unes relativament baixes taxes de mortalitat. A més cal sumar-li la creació de barris improvisats i pobres que s'estenen arreu de les ciutats, com és el cas de les faveles de Brasil. Les faveles, i aquesta és una repercussió que també va en augment, són importants fonts de violència, no pels seus habitants, sinó perquè en molt poc temps es converteixen en nius de narcotraficants (Ferreira, 2009).



Figura 4.13 "Faveles" a Rio de Janeiro. Font: Vanhoni, A., 2009: "Museu de Favela".

Cal esmentar però, que la concentració de la producció i de la població en un espai reduït disminueix els costos productius en ciutats desenvolupades. L'abundància de mà d'obra qualificada, els contactes amb altres indústries, l'existència de serveis auxiliars i la proximitat del mercat són algunes dels avantatges econòmics de les grans ciutats. La creixent proporció de població activa dedicada al sector terciari i quaternari tendeix a concentrar-se a la ciutat.

No obstant això, la crisi econòmica dels anys setanta ha suposat la reorganització d'aquest sistema productiu. Els anteriors avantatges de la concentració urbana han anat invertint el seu sentit. Les noves estratègies de l'economia industrial han conduït a la descentralització del procés productiu i a la dispersió de l'activitat, privilegiant el creixement de les ciutats petites i mitjanes, així com d'àrees rurals ben equipades, en detriment de la gran ciutat (Stanley, 2008).

Cal destacar el concepte de qualitat de vida com un dels indicadors bàsics a l'hora d'analitzar possibles problemàtiques derivades del creixement urbà.

Segons l'Organització Mundial de la Salut, la qualitat de vida és la percepció que un individu té del seu lloc en l'existència, en el context de la cultura i del sistema de valors en els quals viu i en relació amb les seves expectatives, les seves normes, les seves inquietuds. Indicadors que serveixen per determinar la qualitat de vida poden ser la renda per càpita, el nivell d'educació i l'esperança de vida.

Segons dades de l'Enquesta de Pressupostos Familiars de 2006, els ingressos en zones rurals són més baixos que a les zones urbanes. Els ingressos mitjans anuals en zones rurals no aconseguen els 12.000 €, mentre que en zones urbanes superen els 17.000 €.

En la primera fase prèvia a la Revolució Industrial, el creixement urbà va ser limitat en una ciutat les funcions fonamentals de la qual eren la comercial i l'administració en un territori determinat. La fase industrial va suposar un desenvolupament sostingut de la ciutat, provocant la concentració dels factors de producció i consum.

La modificació de l'estructura econòmica dels països desenvolupats, amb el increment del sector serveis, va augmentar la potència expansiva de la ciutat. Va coincidir aquest moment amb la formació, en una tercera fase, de les àrees metropolitanes, caracteritzada per la concentració de la població en ciutats de gran grandària que es dispersen. En l'última fase, que coincideix amb l'arribada de la crisi econòmica dels setanta, les noves forces de l'espai urbà tendeixen a la descentralització, i la gran ciutat perd població en benefici de les ciutats de menor grandària.

De manera que l'expansió i el creixement de les ciutats ha repercutit de manera important en els entorns dels seus voltants, modificant-los i a vegades adaptant-los a les necessitats del nucli central.

4.4.3. Problemàtiques generades pel creixement urbà

El procés de creixement urbà comporta una sèries de problemàtiques de diversos tipus a vegades no previstes. Com a emplaçament amb un creixement demogràfic i una elevada activitat comercial i industrial, les ciutats concentren l'ús de l'energia i els recursos, a la vegada que generen tota una sèrie de residus.

L'accelerat i inadequat procés d'urbanització és un factor recurrent en els patrons de desenvolupament global. Es tracta d'un factor que afebleix la capacitat per a la gestió sustentable dels assentaments humans i augmenta la vulnerabilitat als fenòmens naturals i successos inesperats creats per l'home. Cal destacar i emfatitzar que el creixement poblacional i el procés d'urbanització no contribueixen, per si sols, a incrementar el risc, sinó més aviat a la falta de planificació i la manca de recursos i capacitats per transformar en avantatges i oportunitats el fenomen humà de la urbanització. Aquestes limitacions, característica de societats subdesenvolupades, són els principals ingredients que incrementen el risc.

Des de fa diverses dècades existeixen assentaments en condició de "irregularitat" que accentuen la vulnerabilitat de la població. Aquesta situació contradiu el dret humà a l'habitatge i crea en les famílies una constant situació d'inseguretat que no els permet desenvolupar de forma plena i integral. Les famílies en situació d'irregularitat manquen de tot tipus d'incentius per millorar el seu habitatge i viuen en el constant dilema de ser desallotjats i perdre la seva inversió en les millores realitzades en el seu hàbitat.

Els assentaments marginals o en situació de tinença insegura, sense serveis i infraestructura, amb habitatges i edificacions mal construïdes, ubicació en terrenys d'alt risc, en condicions d'amuntegament, insuficients vies d'accés i habitants sense capacitat per respondre a esdeveniments fortuïts, augmenten la probabilitat que un fenomen natural es converteixi en un esdeveniment destructor (Pendola, 2012).

Un altre punt important a tocar és la desocupació. Per la seva mateixa naturalesa, la ciutat afavoreix la seva pròpia desocupació massiva. És la pròpia explosió demogràfica la que genera desocupació. La ciutat no té ocupació per a tanta gent. A més, recordem que la ciutat resulta molt atractiva per a l'habitant rural. Així va arribant molta gent, que copa les ocupacions disponibles, deixant a les quals segueixen arribant aturades.

Però hi ha un altre tòpic que tocar en aquest aspecte, doncs el rumb del capitalisme va disminuint les oportunitats d'ocupació. L'adopció de la tecnologia per millorar la producció, i disminuir la mà d'obra comporta la disminució de les ocupacions. Per a això ens serveix l'anotació que la ciutat és el lloc on es duu a terme tot el procés capitalista. I com a tal, és on es desenvolupen tots els seus problemes.

Aquest punt de la desocupació porta dues conseqüències, que al seu torn són altres dos problemes: l'empobriment de les majories, i la inseguretat i violència. Doncs en un estat de desocupació massiva, la gent es desespera pels diners. I per tal d'obtenir-los, recorre al

robatori, a l'atracament, a l'estafa i a les altres expressions de la despulla en ser aliè de les seves pertinences.

Els impactes de major preocupació es localitzen doncs a escala domèstica i comunitària, i es relacionen amb les deficiències de les estructures d'alguns serveis urbans. Els habitants de les urbs, particularment els més pobres, pateixen un deteriorament de les àrees on resideixen degut a l'escassetat de serveis, i la marginalitat soferta durant anys.

Entre els impactes més comuns derivats del creixement urbà destaquen:

- Reducció d'àrees de cultiu i forestals.
- Contaminació d'aigües.
- Reducció de les àrees no pavimentades, perjudicant els aqüífers.
- Acceleració de la vida quotidiana.
- Problemes de drenatge.
- Problemes de proveïment d'aigua potable.
- Contaminació lumínica i acústica.
- Desocupació.
- Inseguretat i violència.
- Augment del nombre de cotxes i conseqüentment, augment d'emissions contaminants, trànsit, a més de demores i accidents automobilístics.

Aquest últim punt fa referència a una conseqüència que possiblement no es tenia present amb l'expansió de les ciutats i del parc automobilístic. Si bé Martha Híjar va escriure sobre aquest tema posant com a exemple la Ciutat de Mèxic.

En el seu article, l'autora considera que els nous sistemes de trànsit i seguretat vial, tan sols han estat enfocats de cara als conductors dels vehicles a motor, deixant els vianants i els ciclistes com a grups molt vulnerables de cara a patir lesions per accidents de trànsit (Híjar, 2000).



Figura 4.14 Trànsit a l'entrada de la Ciutat de Mèxic. Font: "Auto Mundo México".

4.5. Les xarxes de ciutats

4.5.1. Definició d'una xarxa de ciutats

La nova manera d'entendre l'espai urbà es troba, en opinió de Gabriel Dupuy, centrada en el concepte de xarxa. A priori, una xarxa és un conjunt de punts de transacció, siguin aquests ciutats, xarxes tècniques o serveis públics, xarxes que *"generen la seva pròpia organització territorial, sense detenir-se, evolucionant sempre"*. La xarxa és així, no només un objecte, sinó també una idea que expressa la nova organització de l'espai (Dupuy, 1991).

La idea de xarxa implica estar formada per un sistema de ciutats connectades a través dels sistemes de transport i de comunicació. L'estudi de la xarxa urbana consisteix doncs, en analitzar com se situen en un territori les ciutats, distingint-les segons els seus rangs. El teixit urbà o la xarxa de ciutats és, en paraules de l'arquitecte danès Jan Gehl *"una estructura de complexitat organitzada que existeix sobretot en l'espai entre els edificis. Cada edifici inclou i encalça un o més nodes d'activitat humana"*.

La xarxa urbana està conformada per tot l'exterior i pels elements connectius com a àrees per als vianants, àrees verdes, murs lliures, sengles per als vianants i camins que van des d'un carril bici fins a una autopista (Gehl, 1987).

El procés que genera la xarxa urbana pot ser resumit en termes de tres principis. Encara que no és exhaustiu, són completament generals, i aquest escrit descriurà com es tradueixen en regles pràctiques de disseny per a situacions específiques (Nikos, 2005). Tot té a veure amb connexions i la topologia de les mateixes.

Els tres principis poden ser indicats de la manera següent:

- **Nodes.** La xarxa urbana es basa en nodes d'activitat humana les interconnexions de la qual conformen la xarxa. Existeixen diferents tipus de nodes: habitació, treball, parcs, tendes, restaurants, esglésies, etc. Els elements naturals i arquitectònics serveixen per reforçar els nodes d'activitat humana i les seves trajectòries de connexió. La xarxa determina l'espai i l'organització en planta dels edificis, no viceversa.
- **Connexions.** Els parells de connexions es formen entre els nodes complementaris, no com a nodes. Les trajectòries per als vianants consisteixen en trams curts i rectes entre els nodes; cap secció ha d'excedir certa longitud màxima. Per acomodar connexions múltiples entre dos punts, algunes trajectòries han de ser necessàriament irregulars. Moltes connexions que coincideixen sobrecarreguen la capacitat del canal de connexió.
- **Jerarquia.** Quan es permet, la xarxa urbana s'autoorganitza creant una jerarquia ordenada de connexions en molts i diferents nivells d'escala. Es torna múltiples connectada però no caòtica. El procés d'organització segueix un estricte ordre: comença amb les escales menors (sengles per als vianants), i progressa cap a escales superiors (carrers de creixent capacitat). Si no existeix qualsevol dels nivells de

connectivitat, la xarxa es torna patològica.

Aquests principis se suggereixen pels resultats en matemàtiques. Els termes no són nous, però el seu ús aquí és més específic que en el treball d'autors anteriors. Com a resultat, les conclusions són més fortes i les solucions permeses estan més restringides. El creixement urbà ha seguit regles similars a través de gairebé tota la història (Lynch, 1960). Com a resultat les solucions permeses estan més restringides. El creixement urbà ha seguit regles similars a través de la història.

Els nodes urbans no estan totalment definits per les estructures com un gran edifici o un monument. Aquests poden ser més efímers o modestos. Els nodes han d'atreure a la gent per alguna raó, llavors, un edifici o un monument serà un node sol si aquí existeix una activitat ben definida. Els grans edificis i els monuments que també proveeixen un node per a l'activitat humana actuen com a focus per a les trajectòries, i per aquest motiu tenen èxit (Nikos, 2005).

Segons la distribució que tinguin les ciutats i el lloc que ocupin les de major rang en el conjunt d'un territori, les xarxes urbanes poden adoptar diferents formes:

- **Concentrada:** Aquella en la que les úniques ciutats importants s'acumulen en un espai reduït, normalment molt proper a la capital del territori, que és pràcticament l'única gran ciutat d'aquella zona. Sol ser una jerarquia urbana de països en vies de desenvolupament.

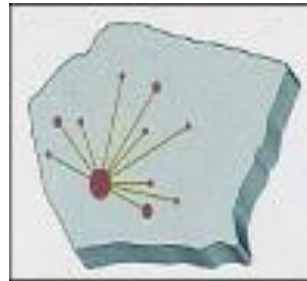


Figura 4.15 Exemple de xarxa urbana concentrada. Font: "Agrega, 2010".

- **Lineal:** es produeix quan les principals ciutats d'un territori s'alineen seguint el curs d'alguna via de comunicació important o el d'un riu, com és el cas d'Egipte amb el riu Nil.



Figura 4.16 Exemple de xarxa urbana lineal. Font: "Agrega, 2010".

- **Dendrítica:** Apareix normalment en territoris amb una gran extensió costera. En ella, les ciutats principals s'acumulen prop de la costa i el interior queda força despoblat, com és el cas de Brasil, on les ciutats formen eixos perpendiculars a la costa, oblidant el interior.

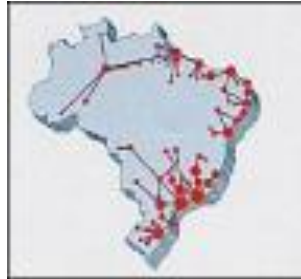


Figura 4.17 Exemple de xarxa urbana dendrítica. Font: "Agrega, 2010".

- **Radial o cèntrica:** Es produeix quan una ciutat principal ocupa el centre d'un territori, i la resta de ciutats importants se situen en la seva perifèria, comunicant-se totes amb la principal a través d'un eix radial. En aquest tipus de xarxa, queden gran espais buits sense la presència de ciutats importants. És el cas d'Espanya, on Madrid és el centre, i els eixos radials són les diferents carreteres nacionals, antics camins reials.



Figura 4.18 Exemple de xarxa urbana radial. Font: "Agrega, 2010".

- **Regular:** Aquella en la que les ciutats es reparteixen de manera ordenada pel territori, sense acumular-se en certes zones i sense deixar grans que no tinguin una ciutat important. És el tipus de xarxa urbana que es dona als països industrialitzats d'Europa Central i Occidental, com ara Bèlgica, amb ciutats distribuïdes de manera homogènia.

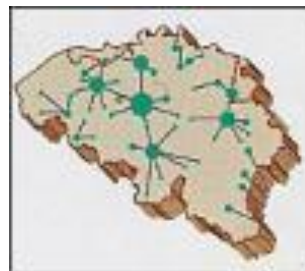


Figura 4.19 Exemple de xarxa urbana regular. Font: "Agrega, 2010".

A mode de resum, cal destacar que en els països desenvolupats, les xarxes de ciutats solen ser denses i regulars, a diferència de les regions en vies de desenvolupament, que presenten moltes desigualtats, com l'acumulació excessiva de ciutats en una zona o grans àrees buides.

Per entendre el funcionament de les ciutats i les xarxes urbanes, cal citar obligatòriament al geògraf alemany Walter Christaller, creador de la teoria del llocs centrals, que intenta explicar la distribució i jerarquització dels espais urbans que presten determinats serveis a la població d'un àrea circumdant en un espai isòtrop.

Per a això estableix el concepte de "llocs centrals" als punts on es presten determinats serveis per a la població d'una àrea circumdant. Se sustenta en la premissa que la centralització és un principi natural d'ordre i que els assentaments humans ho segueixen. La teoria suggereix que hi ha lleis que determinen el nombre, grandària i distribució de les ciutats (Christaller, 1933).

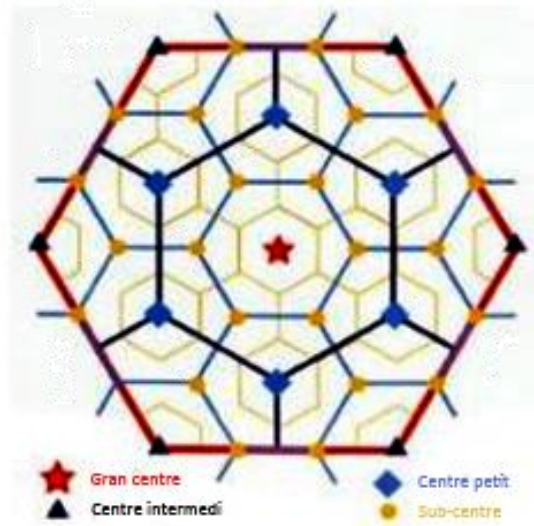


Figura 4.20 Teoria del llocs centrals de Walter Christaller. Font: "Time Rime".

D'aquesta manera apareix un punt en l'espai que organitza el territori entorn de si. Així doncs, un lloc central és aquell que ofereix serveis, i al que acudeix la població per satisfer-ho. Aquest model teòric hexagonal es tradueix en un graf en forma d'arbre, on cada centre de nivell superior proporciona les funcions als centres de rang inferior. Cada node (ciutat) solament té relacions amb ciutats de rang diferent. Això es deu al fet que, en la forma més bàsica del model de lloc central, en un mateix nivell, tots els nodes tenen la mateixa dotació de funcions (i al seu torn, totes les de rang inferior), i per tant, si precisen d'una funció que no tenen, solament la poden aconseguir d'una ciutat de rang superior. L'espai actua com a barrera i delimita les àrees de mercat.

Aquesta construcció, rígida i excessivament formalista, encara que va significar una de les majors aportacions a la geografia urbana i a l'ordenació del territori, va quedar obsoleta quan les condicions espai-funcionals que la sustentaven van quedar antiquades, sent així substituïdes la xarxa de llocs per la xarxa de fluxos al fet que abans ens referim.

4.5.2. Explicació històrica de l'evolució de les xarxes urbanes

La ciutat tal com la coneixem avui s'estén més enllà de si mateixa, a través de les xarxes de transports, amb l'avanç de les comunicacions, fent convergir l'urbà amb el rural, creant ambients rururbans, que estenen en la seva complexitat els processos urbans, més enllà de l'àmbit urbanitzat, superant les limitacions territorials per al urbanista. I és, justament, en aquest procés de creixement i deslocalització, on troba sentit una necessària aproximació als processos d'ordenació territorial de la xarxa de ciutats en la qual estem immersos.

D'una banda, perquè la nostra societat integra les sinergies d'una globalitat en les comunicacions i en els sistemes de transports que relativitzen l'aplicació dels esquemes tradicionals de la planificació física. D'altra banda, perquè l'ordenació territorial es projecta a les ciutats com a realitat manifesta.

En l'actualitat, assistim a un procés d'evolució sorprenent des del punt de vista tecnològic. En paraules del periodista Juan Luis Cebrián: *“les noves tecnologies han transformat la nostra vida. Els avanços se succeeixen sense donar temps a la seva assimilació, sense l'adequat temps per a la racionalització del seu ús, saltant les possibles previsions culpables en la seva planificació i programació territorial”* (Cebrián, 2000).

Manuel Castells qualifica actualment la nostra societat com una societat - xarxa. I no per la incidència de les xarxes de telecomunicacions o d'accés a Internet, sinó per la transformació social que porta aparellada i que opera un canvi històric. Dos axiomes cal recordar: la tecnologia és societat, i la tecnologia per si mateixa no determina la societat.

La idea de xarxa com a conjunt de nodes connectats per fluxos, és un concepte modern, encara que, com a forma d'entendre el territori, sorgeix des de l'antiguitat. La primera xarxa formal és la que va establir l'Imperi Romà. Va ser un imperi fonamentalment marítim, situat al voltant del Mare Nostrum, però les seves fronteres anaven des de les zones boscoses del Nord d'Europa fins al Sàhara, i des d'orient fins als límits del Mar Negre (Castells M., 2001).

Per tant, precisava de rutes per a l'administració política, la supervisió militar i el comerç que abastessin tan vast territori.

D'altra banda, les rutes romanes, marítimes i terrestres, van ser un importantíssim instrument per a la romanització i la difusió de la cultura, principal factor de cohesió de l'imperi i, de manera especial, per a la difusió del procés d'urbanització. Les ciutats establertes al llarg de les vies terrestres i les rutes marítimes van ser el germen de l'actual xarxa urbana europea.

La xarxa de vies romanes es va establir a partir de la República, i la seva construcció va encaixar des de l'any 312 a. de C. al 8 a. de C., data en què es va completar la xarxa de la península italiana. Amb justícia doncs, es pot dir que la romana és la primera xarxa urbana global, ja que encaixava gairebé tot el món conegut en aquell moment. En aquest sentit, la romanització es podria interpretar fins i tot com la primera globalització (Castro, 2003).

Després del parèntesi dels foscos segles medievals, es va produir el despertar d'Europa que va

renéixer les ciutats i les rutes comercials terrestres i marítimes europees. Després, els descobriments de noves rutes oceàniques, vinculades al desenvolupament de les ciències de la navegació va propagar la creació de ciutats a altres continents.

Aquest procés d'urbanització es va iniciar tímidament a principis del segle XIV amb el descobriment gradual de les costes africanes, culminant amb el descobriment del nou món, que va suposar l'establiment de la ruta a les Índies. Aquest fet va suposar la creació de les primeres xarxes urbanes intercontinentals i la comunicació entre les xarxes europees, africanes i asiàtiques amb les americanes (les xarxes militars i comercials asteques i maies) a través d'una ruta transoceànica. Va ser, sens dubte, l'altre gran moment de difusió de la urbanització mundial a través de xarxes.



*Figura 4.21 Imatges de satèl·lit nocturnes d'Amèrica del Nord (esquerra) i Europa (dreta), 2007.
Font: "Earth Observatory".*

Cal destacar doncs la importància de les rutes i carreteres com a vectors de transmissió de fluxos d'informació i com a eixos de connexió entre nodes (ciutats) que contribuïen a l'ordenació del territori i permetien intercanvis de tot tipus (Gómez-Jiménez, 2004).

A aquestes xarxes germinals se sumaria, segles més tard, la Revolució Industrial, l'altre gran moviment creador de ciutats manufactureres i nodes dels grans fluxos comercials mundials, tant de matèries primes com de productes, però també d'idees, d'innovacions i de noves tecnologies.

En l'actualitat, assistim a la quarta etapa de la globalització, basada en la internacionalització de l'economia i el potencial de les noves tecnologies de la informació. En la figura 4.21 es mostra d'una manera aproximada la gran extensió de les xarxes urbanes d'Amèrica del Nord i d'Europa.

4.5.3. Com es connecten les ciutats: Importància transport i telecomunicacions

Avui dia, la comunicació i el transport són decisius per molts motius. Per exemple, permet als planificadors consultar a la població, per tenir en compte les seves necessitats, actituds i coneixements tradicionals, en determinar i formular programes de desenvolupament. Una

millor comunicació amb la població a tots els nivells permet a aquesta reconèixer els problemes més importants i trobar un terreny d'acció comuna, i crea un clima d'identificació i participació per posar en pràctica les seves decisions.

La comunicació és també imprescindible per millorar la coordinació i el treball en equip amb la finalitat de gestionar els programes de desenvolupament i obtenir suport institucional. Actualment, vivim en l'era de la comunicació i estem començant a veure les seves repercussions sobre el desenvolupament. La comunicació per al desenvolupament, basada en l'experiència de diversos organismes ha aconseguit un nivell en el qual pot tenir efectes notables i positius sobre molts programes de desenvolupament (Gómez-Jiménez, 2004).

Cal esmentar doncs, que si el desenvolupament es pot considerar el teixit resultant de les activitats de milions de persones, la comunicació representa el fil amb que s'elabora la trama. D'una banda, en qualsevol època de canvi social, la comunicació sorgeix espontàniament en forma de diàleg i debat. En els últims temps, l'augment de la llibertat d'expressió i els canvis en l'estructura política mundial han estat gairebé simultanis.

En la història del desenvolupament econòmic, polític i cultural de tota societat, constituïda com a Estat, els mitjans de transport han exercit un paper estratègic: el trasllat de persones, béns i mercaderies de tot tipus, d'un lloc a un altre. De vegades això succeeix dins d'una mateixa ciutat o població, en altres ocasions entre el camp i la ciutat, i altres, entre diferents poblacions i països pertanyents al mateix o a un altre continent.

Però cal destacar que el transport no solament trasllada persones, béns i mercaderies, sinó que també trasllada la cultura pròpia de la societat amb tota la seva riquesa i varietat. Així com elements culturals d'altres societats que poden acabar integrant-se en la pròpia. De manera que es tracta d'una activitat de gran importància per a la societat i l'Estat.

En les societats modernes, altament desenvolupades i diversificades, amb una àmplia divisió del treball, la tasca de transportar persones, béns i mercaderies es realitza a través de diferents mitjans de transport, cadascun dels quals té el seu camp d'acció, la seva especificitat tècnica, econòmica i sociocultural.

Existeix una especialització dels transports o una estructura jeràrquica entre ells. A Mèxic, per exemple, la funció de transportar ha recaigut principalment en el transport terrestre, més que en l'aeri, el marítim o el fluvial, donades les característiques del seu territori i les de la societat mateixa (Rodríguez J.P. D., 2013).

Primer van ser els homes de càrrega, i després animals domesticats per a aquesta funció, per donar pas a les carretes i els carruatges. Més endavant vindria el ferrocarril i posteriorment el transport carreter amb els vehicles a motor, de diversa grandària, dimensions i usos (García, 2007). Avui aquest últim és la manera predominant de transport, molt per sobre de les altres modalitats de transport. Cal destacar que a Europa o Japó, el tren i el ferrocarril segueix sent la columna vertebral del transport urbà, suburbà i entre ciutats i països.

Territori, desenvolupament econòmic i tecnològic, necessitats de supervivència material i

cultural, defineixen, en una equació molt complexa, com és el transport d'una societat i la manera en què aquests mitjans de transport s'organitzen, conviuen, relacionen i competeixen entre si. Parlar del transport és, doncs, parlar d'una activitat vital i estratègica per a la societat, central per a la vida social i personal, per al quefer econòmic, polític, cultural, educatiu, etc.

Així doncs, la importància del transport es basa en la necessitat de les persones de moure's d'un lloc a un altre. En general, les activitats diàries dels humans no es localitzen en un mateix emplaçament, de manera que el transport és important per al desenvolupament de la societat, i tan sols cal veure al nostre voltant que observarem un carrer o un automòbil realitzant aquesta funció.

La localització, distribució i connexió de les ciutats i els seus habitants són varis fenòmens que depenen en gran mesura dels mitjans de transport existents. Conforme les ciutats creixen en població, extensió i riquesa, els seus sistemes de transport es tornen més complexos, amb més destinacions i majors distàncies a recórrer.

De manera que, donada la importància del transport en una economia, podem assenyalar que la funció econòmica del transport és trencar amb les barreres físiques de mobilitat entre diferents llocs. Doncs el transport és pilar de les zones urbanes, ja que les facilitats de transport sostenen el creixement econòmic (Carreras, 2012).



Figura 4.22 Jakarta, Indonèsia. Font: Wisnu Leonardus.

Finalment, cal destacar que en la societat occidental actual, el transport i la capacitat de moviment de les persones constitueixen necessitats bàsiques per al desenvolupament econòmic d'una regió determinada. La major part de les persones depenen de sistemes de transport i mobilitat eficients que els traslladin als seus llocs de treball i allí de nou a les seves llars. De manera que no s'entén el desenvolupament actual sense aquests moviments massius

de persones, i encara que això és més evident a les grans ciutats, constitueix un fenomen generalitzat arreu.

4.6. Evolució de la mobilitat a les ciutats

4.6.1. Abans dels vehicles de motor d'explosió

La introducció dels vehicles a motor i el seu desenvolupament han caminat al mateix ritme que l'evolució de les nostres ciutats modernes. Per exemple, la industrialització de Barcelona, durant els anys seixanta, va generar la translació dels nuclis industrials fora del que es coneix com el centre de la ciutat. El transport, tant de persones com de coses, es va constituir com a element cabdal per a la generació de riquesa. Les necessitats de mobilitat de la població van experimentar un canvi i els desplaçaments van ser de més llarg abast (Ramos, 2006).

El creixement econòmic va afavorir també l'accés de gran part de la població al mitjà de transport privat. Com a conseqüència de la motorització massiva, es va generar tot un seguit d'hàbits i costums, positius i negatius, que han deixat la seva empremta en el panorama viari actual, tant pel que fa a virtuts assimilables com a vicis adquirits.

Durant la darrera dècada, la situació econòmica i social ha generat més mutacions quant a la mobilitat i la seva demanda. Els trajectes de caràcter intern són diversos i la ciutat té un trànsit intern que conflueix alhora amb el trànsit de pas.

No hem d'oblidar que el cotxe és un element mecànic i que, durant tot aquest segle, la societat ha anat introduint-lo com a component de flexibilitat i de llibertat en la mobilitat global i l'accessibilitat territorial. Aquest vehicle és el substitut dels carros que durant segles van ser l'exponent de la mobilitat de les persones.

La Roma imperial va tenir problemes amb el disseny urbà, doncs no permetia un sistema racional de comunicacions. La solució no va ser renunciar als carros, sinó repartir el viari, amb els camins exclusius per a vianants, o els camins per on únicament podia passar un carro i llocs on podien encreuar-se dos carros o circular en paral·lel. La Roma imperial va harmonitzar els aspectes més contradictoris i es va adaptar de forma natural a les necessitats del moment.

Cal esmentar com a període destacat en la mobilitat de les ciutats abans dels vehicles a motor, l'era dels carros de tracció animal, compresa entre 1800 i 1890. En aquells temps, el mitjà de transport dominant era anar a peu. Les ciutats eren, en general, de menys de 5 quilòmetres de diàmetre, pel que era possible caminar des del centre fins a la vora de la ciutat en uns 30 minuts. La ciutat era compacta i la seva forma era més o menys circular (Zorio, 1987).



Figura 4.23 Òmnibus de Londres. Font: “The geography of transport systems: Omnibus, London, Late 19th Century”.

El desenvolupament del transport públic, per primera vegada, en forma de servei d'òmnibus (figura 4.23), va ampliar el diàmetre de la ciutat, però no va canviar l'estructura urbana en general. Posteriorment, el ferrocarril va facilitar el primer veritable canvi en la morfologia urbana. Aquests nous desenvolupaments, sovint coneguts com suburbis de terra, es varen convertir en centres que separats físicament de la mateixa ciutat (Rodrigue, 2013).

Els nodes coincidien amb la ubicació de les estacions de tren i s'estenien a una distància considerable del centre de la ciutat, en general, fins a un viatge en tren de mitja hora. Dins de la ciutat pròpiament dita, es van establir les línies de ferrocarril, a la vegada que els cotxes de cavalls eren introduït el transport públic.

Posteriorment, es va arribar a l'època del tramvia elèctric, entre els anys 1890 i 1920. La invenció del motor de tracció elèctric va crear una revolució en els desplaçaments urbans i la mobilitat de les ciutats. La primera línia de tramvia elèctric es va obrir el 1888 a Richmond, Estats Units. La velocitat de funcionament del vehicle elèctric era tres vegades més ràpida que la dels vehicles tirats per cavalls.

En general, es va produir una expansió de la ciutat cap a l'exterior d'uns 20-30 quilòmetres al llarg de les línies de tramvies, creant eixos irregulars. Les perifèries urbanes es van convertir en àrees d'accelerat desenvolupament residencial. El nucli de la ciutat es va afermar encara més com un ús mixt, una zona d'alta densitat. Densitats globals es van reduir entre 50 i 100 persones per hectàrea.

Els patrons d'ús de la terra reflectien, en aquell moment, l'estratificació social en suburbis, àrees externes normalment de classe mitjana, mentre la classe obrera seguia concentrada a la ciutat central.

Degut a l'augment de la mobilitat en la primera meitat del segle XX, la congestió vehicular també va augmentar, i l'eficiència dels sistemes de tramvies es va deteriorar caient

posteriorment en desgràcia, doncs molts d'ells van ser abandonats.

Arribà doncs l'era de l'automòbil o del vehicle a motor, a partir del 1930 en endavant. L'automòbil es va introduir a les ciutats europees i nord-americanes en la dècada de 1890, però només els rics se'l podien permetre. Des de la dècada de 1920, les taxes de propietat van augmentar espectacularment, amb preus molt baixos gràcies a Henry Ford i la tècnica de producció en línia. Els automòbils es van fer més comuns, de manera que els patrons de desenvolupament de la terra van canviar. Els desenvolupadors es van sentir atrets per les àrees verdes del camp, i el poble es va sentir atret per aquestes zones, evitant molts inconvenients associats a la ciutat, com la contaminació, l'amuntegament i la manca d'espai.

Conforme va passar el temps, les activitats comercials van començar a moure's cap als suburbis. En poc temps, l'automòbil era la forma dominant dels viatges en totes les ciutats d'Amèrica del Nord. L'automòbil ha aconseguit doncs, reduir distàncies duent, a la vegada, a l'expansió urbana. En moltes zones del món on la urbanització és més recent, les fases anteriors no es va dur a terme. En la majoria dels casos, el creixement urbà ràpid va conduir a una lluita per proporcionar la infraestructura de transport de manera inadequada (Peñalosa, 2006). Cada tipus de mobilitat urbana, ja sigui a peu, amb cotxe privat o amb transport públic urbà, té un nivell d'idoneïtat per satisfer unes determinades necessitats de mobilitat.

No podem negar doncs l'existència del cotxe a la ciutat, ja que és absurd atacar un element mecànic quan el que hem de plantejar és l'ús que les persones i la societat n'estan fent com a element de lleure, treball i, en general, de mobilitat.

4.6.2. El motor d'explosió

Encara que sempre se cita l'any 1885 com la data de naixement de l'automòbil, aquest va trigar dècades plenes d'experiments fins que el motor de gasolina es va imposar a les altres alternatives, com la propulsió elèctrica i el motor de vapor. A Estats Units, al 1900, menys d'una quarta part de tots els cotxes que circulaven (aproximadament més de 13.000) es movien amb motor de combustió interna o d'explosió.

Les limitacions d'autonomia eren gairebé idèntiques per a tots els mitjans de propulsió, només que en el cas dels cotxes de gasolina, el carburant era més brut i difícil d'aconseguir que la neta electricitat, mentre que, d'altra banda, en llocs inhòspits una simple llauna de carburant era més senzilla de trobar que un endoll.

En els seus primers anys, l'automòbil de gasolina es va mostrar com un vehicle d'escassa funcionalitat. La seva convivència amb els carruatges tirats per animals i amb els vianants no sempre va ser fàcil, però passarien 40 anys fins que s'instal·lés el primer semàfor, període en el qual va caldre "inventar" les normes de circulació.

Sorollós, lent i fràgil mecànicament, la seva autonomia estava limitada per una inexistent xarxa d'estacions de carburants, així com per les carències mecàniques que tenien aquests vehicles.

Tot i així, la població de vehicles a Estats Units es va duplicar entre 1950 i 1965, i encara va créixer un altre 35% fins a la crisi del petroli de 1973. La velocitat a la qual el nombre de cotxes augmentava a les ciutats, feia difícil la planificació o el que qualsevol altre mitjà de transport pogués resistir aquesta embranzida (Klein, 2004).

En diverses ciutats, el tramvia es va substituir per autobusos que, si bé aportaven flexibilitat, no facilitaven la descongestió del trànsit rodat ja que, embussats entre altres cotxes particulars, no oferien cap avantatge. Com a resultat, la imatge del transport públic es va ser deteriorant gradualment fins a convertir-se en una opció solament per a aquelles persones amb menors recursos econòmics.

Ja a principis dels 60, alguns arquitectes i urbanistes plantejaven la necessitat d'intervenir en la morfologia de les ciutats per a millorar la mobilitat de les ciutats. La introducció d'àrees per als vianants en els centres, la necessitat de crear reserves verdes en els cascs urbans, o l'aposta pels entorns de dimensió més "humana" que es poguessin habitar a peu o amb bicicleta, van ser proposades i defensades per la divulgadora científica i teòrica del urbanisme Jane Jacobs en la seva obra (Jacobs, 1961). Al mateix temps, altres van defensar la creació de sistemes integrats de transport i distribució de mercaderies, i de "centres perifèrics" que limitessin el volum de desplaçaments al centre de la ciutat per raons d'oci, treball o administració.

Al seu torn, amb les ciutats americanes creixen de manera descontrolada, Europa va començar a arrencar en el seu creixement amb dècada i mitja de retard respecte al nou referent mundial.

En el vell continent, els centenaris cascs urbans de les ciutats amb prou feines van resistir l'embranchida del nou rei de les urbs, el cotxe. Encara que habitualment associem els anys 60 amb un auge de l'automoció a Estats Units, el fet és que en aquest període mentre aquest país va mantenir el nombre d'unitats anuals en uns 7 milions, la producció europea va passar de 1'1 milions el 1950 a 10'4 milions el 1970.

Encara que la morfologia i forma de vida de les ciutats europees i americanes seguia sent molt diferent, en la dècada dels 60 ambdues van sofrir fortes transformacions. Les ciutats creixien perquè tenien més cotxes, i com a conseqüència d'això precisaven de més cotxes per fer-se operatives.

Durant aquest temps, van créixer ciutats satèl·lit en les grans urbs, cinturons de ronda i fins i tot van haver-hi demolicions d'antics barris per obrir vies ràpides al trànsit rodat.

En una Espanya governada per la dictadura, aquests efectes van trigar a arribar, però quan ho van fer potser van tenir més estímul per a la indústria que com a eina d'ordenació de les ciutats. Entre 1960 i 1970, amb un augment de població del 16%, el nombre de cotxes a Espanya va créixer entorn el 600%, i encara que això solament significava uns 1,2 milions d'unitats⁹. Aquest auge va empènyer a les ciutats a cedir cada vegada més espai al cotxe i

⁹ Segons dades del Instituto Nacional de Estadística.

menys a la persona que es trobaven dins. Així, en moltes ciutats es van plantejar nous barris per les noves necessitats d'habitatge, tot i que en ocasions van trigar dècades a fer-se.

Cal citar la Segona Guerra Mundial, com a fita clau per al desenvolupament d'aquesta indústria. D'una banda la devastada Europa, arrasada per la potència destructora de les noves armes i de l'aviació, i per un altre Estats Units, que havia aprofitat la militarització de les seves principals plantes de producció per relançar l'economia (Owen, 1959).

Al país americà les factories de cotxes havien aconseguit, per 1947, recuperar els nivells de producció que tenien en 1942, últim any abans de passar a fabricar armes. I a l'eufòria de la victòria i la volta a casa de les tropes llicenciades, es va sumar el d'un horitzó replet de bonança econòmica basada en els articles de consum i en la construcció. Amb la tornada dels soldats involucrats en la guerra (entre 9 i 12 milions en total) i la gran demanda de força de treball la natalitat es va disparar.

Les ciutats van començar a expandir-se amb suburbis replets de llars amb el seu jardí i el seu garatge. En aquest context i mentre la indústria i les ciutats europees es recuperaven lentament, les americanes es començaven a mesurar per una nova unitat: el viatge amb cotxe. Algunes idees urbanístiques es van aplicar en l'ampliació de les ciutats americanes establint un model que, amb el pas de les dècades, acabaria influint en la resta del món mitjançant l'aculturació produïda per l'imperi nord-americà (Ortego, 2012).

Aviat es va veure que l'aplicació aïllada d'algunes d'aquelles regles a les ciutats reals no tenia el mateix efecte que en la teoria. Els barris residencials es van començar a construir als afores de les ciutats, als suburbis, omplint-se d'habitatges unifamiliars; i els centres de les mateixes, el *downtown*, buidant-se gradualment de població i quedant com a districtes de negocis o comercials que tenien la seva activitat limitada a determinades hores del dia. La separació d'usos del sòl es va dur a terme de forma radical, confiant que els desplaçaments en automòbil privat farien el seu balanç a l'hora del transport.

4.6.3. Democratització de l'ús particular de la mobilitat

La utilització del vehicle i, des de fa uns anys, el seu ús excessiu i poc racional, planteja problemes a les ciutats, on la compatibilitat d'ús dels mitjans de transport s'ha de discutir i determinar. Les ciutats que ens envolten no solen estar pensades ni dissenyades perquè hi visquin cotxes, sinó perquè hi transitin les persones i aquestes puguin utilitzar els mitjans de transport més adients a cada desplaçament. Les actuacions que es realitzen en general repercuteixen en la qualitat de vida de les ciutats i l'actual model de mobilitat, que està basat en una utilització prioritària del cotxe (Andreu, 2002).

Si, per una banda, diem que el cotxe és el símbol de la llibertat del segle XX, i un transformador social molt eficient, també cal assenyalar que esdevé ineficient en determinats escenaris urbans, a causa, entre d'altres factors, de l'excessiva ocupació de la via pública per persona transportada. Així mateix, s'ha de tenir en compte el parc de vehicles, a partir de la millora dels actuals plans de renovació de la flota. Així, amb vehicles més petits, no tan contaminants, els nivells sonors i

de contaminació ambiental de les ciutats milloraran ràpidament.

A més, una pavimentació inadequada, una regulació semafòrica no coordinada, una senyalització confusa i un rigor desigual en el manteniment dels vehicles públics, compliquen la situació i agreugen la contaminació ambiental urbana. Mesures que s'han de prendre des de les administracions (Perona, 2009).

Davant d'aquesta situació, és necessari fer un anàlisi crítica per part de cada administració responsable amb relació a l'existència, qualitat, congestió, preu i cost social dels mitjans de transport alternatius al cotxe. Aquesta reflexió és la que donarà credibilitat davant del ciutadà, ja que el compromís o el pacte per a una mobilitat sostenible només és viable si l'Administració garanteix nivells de servei suficients per als diferents mitjans de transport.

L'estil de vida actual afavoreix la necessitat de desplaçar-se sovint per les ciutats i entre ciutats. Cal posar els mitjans perquè aquesta necessitat es pugui satisfer de la manera més racional possible i amb el menor impacte sobre la qualitat ambiental. L'ús del cotxe particular és un element globalment insubstituïble per a aquesta mobilitat i accessibilitat. Tanmateix, un ús abusiu i poc racional del cotxe particular en redueix la utilitat privada i fa que els inconvenients col·lectius augmentin.

Convé adonar-se que hi ha opcions alternatives per a molts desplaçaments i que cal triar la més adequada cada vegada. Així, s'ha de fugir de l'automatisme de recórrer sempre al cotxe particular. En moltes ocasions, no és la millor opció, ni personal ni col·lectiva però s'ha de comprendre que l'ús racional del cotxe aporta molts beneficis així com la seva pròpia dissuasió, però no la seva negació i expulsió.

També cal destacar altres aspectes que no hem d'oblidar i és que el cotxe continua essent un motor econòmic en les societats avançades, amb efectes beneficiosos no sols per al seu propi sector industrial, sinó per a la diversa indústria subsidiària, alhora que una font d'ingressos mitjançant els diferents impostos i taxes que directament o indirectament l'afecten.

El cotxe i la ciutat continuen evolucionant amb la col·laboració de tots, potenciant l'ús del transport públic i les opcions modals alternatives, i reconeixent l'opció individual del vehicle quant a mitjà complementari de l'oferta pública. A més d'actuacions concretes, com ara la prioritat absoluta dels vianants en la utilització del centre de les ciutats, així com donar informació exhaustiva i raonada de les mesures i actuacions que es duguin a terme per un nou model de ciutat (Perona, 2009).

Així doncs, l'evolució del transport particular ha sofert una tendència a l'alça, que va de la mà o es pot veure equiparada al increment del parc automobilístic. A continuació es mostra l'evolució del parc automobilístic espanyol de turismes entre el 2001 i el 2010. La tendència és clarament a l'alça, doncs segons dades de l'Associació Espanyola de Fabricants d'Automòbils i Camions (Anfac), del total de vehicles en circulació a Espanya a l'any 2010, més de 22,14 milions d'unitats corresponien al segment de turismes.

Taula 4.3 Evolució parc automobilístic espanyol entre els anys 2001 i 2010. Font: “DGT, 2011”.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2010/ 2009	2010/ 2003	2010/ 2001
Camiones y furgonetas	3.949.001	4.091.875	4.188.910	4.418.039	4.655.413	4.910.257	5.140.586	5.192.219	5.136.214	5.103.980	-1%	22%	29%
Autobuses	56.146	56.953	55.993	56.957	58.248	60.385	61.039	62.196	62.663	62.445	0%	12%	11%
Turismos	18.150.880	18.732.632	18.688.320	19.541.918	20.250.377	21.052.559	21.760.174	22.145.364	21.983.485	22.147.455	1%	19%	22%
Motocicletas	1.483.442	1.517.208	1.513.526	1.612.082	1.805.827	2.058.022	2.311.346	2.500.819	2.606.674	2.707.482	4%	79%	83%
Ciclomotores	1.806.758	2.044.242	2.143.593	2.242.046	2.311.773	2.343.124	2.430.414	2.410.685	2.352.205	2.290.207	-3%	7%	27%
Tractores Industriales	155.957	167.014	174.507	185.379	194.206	204.094	212.697	213.366	206.730	199.486	-4%	14%	28%
Otros Vehículos	454.445	500.050	241.354	287.333	339.259	388.597	427.756	436.631	447.363	450.514	1%	87%	-1%
Total	26.056.629	27.109.974	27.006.203	28.343.754	29.615.103	31.017.038	32.344.012	32.961.280	32.795.334	32.961.569	1%	22%	26%

Pel que fa al transport col·lectiu, cal destacar que anteriorment a aquest període, i després del final de la dictadura i la transició democràtica, la Generalitat de Catalunya es va fer càrrec, el 1979, de la majoria de les competències en matèria de transport terrestre. RENFE va quedar en mans del Govern central, però els ferrocarrils de via UIC i mètrica van passar a dependre dels Ferrocarrils de la Generalitat.

Els ajuntaments democràtics es van fer càrrec de les respectives companyies municipals de transport disposats a impulsar i racionalitzar aquest servei públic. El 1979 es va crear a Barcelona Transportis Metropolitans de Barcelona (TMB), que, des de llavors, agrupa sota una mateixa adreça l'empresa de metro i d'autobusos.

4.6.4. La influència del transport col·lectiu

La mobilitat, en les seves diferents formes, està fonamentalment determinada per l'ordenació territorial i urbanística. Algunes realitats urbanes no serien possibles sense els sistemes de transport coneguts. Tot i que d'altra banda, s'ha demostrat que la morfologia de les ciutats determina les formes de moure's. La disposició sobre el territori de la població, de l'ocupació i altres activitats quotidianes, la densitat i la dispersió, la major o menor segregació social i d'usos, les xarxes de connexió i el disseny urbà, són factors amb una important influència sobre la mobilitat urbana.

Per al creixement de la indústria va ser indispensable l'existència d'un sistema de transport públic. L'arribada del ferrocarril va possibilitar l'expansió i l'allunyament de les fàbriques, creant una nova forma de discriminació social i espacial (Illich, 1974). En el principi la distinció es donava en les diferents classes del tren, primera i segona depenent del grau de confort ofert, però tots es movien a la mateixa velocitat. La reducció dels recorreguts urbans a les limitades i repetitives rutes de les línies de transport públic impedeix que es trobin a les ciutats actuals les característiques de l'urbà, és a dir, la trobada, la simultaneïtat, intercanvi cultural i el valor d'ús.

Més de cinquanta anys de presència dels vehicles a motor en la vida de les persones han estat suficients per proporcionar conclusions generals, sobre la seva forma d'utilització i conseqüències, que serveixin de base a les futures postures adoptades per l'organització social, des del punt de vista socioeconòmic, polític i ambiental (Shettino, 2007).

Per poder avaluar l'èxit de les accions encaminades fins ara en matèria de transport públic i redirigir accions per venir, la resposta institucional a la problemàtica en qüestió demanda anàlisi i crítica. Per a tal, els indicadors són instruments imprescindibles, tenint present que no totes les metodologies d'elaboració de dades són aplicables a qualsevol situació, sinó que han de ser emprades i regides segons realitats geogràfiques i socials.

La importància del transport públic col·lectiu per a una ciutat radica que a través d'aquest, la majoria de les funcions socials del transport haurien de ser satisfetes d'una manera més eficient i favorable a la ciutat. Cal recordar que els cotxes que circulen al món són responsables de gairebé la meitat de la contaminació ambiental i d'un terç de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

El transport públic brinda servei a mercats molt dispars. En moltes ciutats grans, serveix les necessitats bàsiques de moviment d'aquells sense accés al transport privat. En ciutats més congestionades, pugues també tractar d'atreure els viatges d'anada i volta al treball de propietaris d'automòbils amb alts ingressos o de potencials propietaris d'automòbils. El problema és que els dos mercats probablement requereixin combinacions bastant diferents de preu i qualitat (Banc Mundial, 2002).

L'ús del transport públic té molts avantatges, els principals beneficis són: redueix la contaminació de les ciutats; descongessiona el trànsit, estalvia temps en els desplaçaments, mitiga el canvi climàtic i redueix l'estrès tant en les persones que no condueixen com de les quals condueixen.

El metro i l'autobús són els més populars i beneficiosos per a tots els ciutadans, a els qui reporten avantatges econòmics, socials i mediambientals. Impulsar el seu ús és fonamental per a una mobilitat sostenible.

Un autobús pot substituir entre catorze i trenta vehicles, però perquè els usuaris s'animin a canviar de mitjà de transport requereixen que sigui entre un 15 i un 20% més ràpid. Per tant es necessiten també vies, camins i rutes especials; unitats noves i eficients; conjuminat a l'ordenament i professionalització del servei.

En el cas de Barcelona, per exemple, el 1977 el nombre de passatgers de metro, amb 266 milions de viatgers, va superar per primera vegada al dels autobusos. La xifra d'usuaris ha anat creixent (280 milions en 1990; 294 milions l'any 2000) i s'ha desmarcat de la dels autobusos que, entre 1990 i 2000, s'ha estancat en 203 milions de viatgers anuals. Els Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (53 milions d'usuaris en 1990 i 95 milions en 2000) i les línies de Rodalies de RENFE (45 milions de viatgers en 1990 i 61 milions en 2000) són els altres elements d'un transport públic que, en conjunt, va sumar a la ciutat de Barcelona 653 milions de

viatges en el 2000 i que, en tota l'àrea metropolitana, s'apropa als 800.

4.7. Evolució de l'accidentalitat de trànsit a les ciutats

4.7.1. Abans dels vehicles de motor d'explosió

La història del transport és en bona mesura la història de l'obstinació dels éssers humans per millorar la seguretat dels seus desplaçaments. Als poders establerts competia la tasca del manteniment de l'ordre en les rutes de transport, control de grups hostils, repressió del vandalisme i la pirateria, etc. A la vegada que als tècnics i professionals del transport els corresponia la creació de vehicles i infraestructures cada vegada més segures per al desenvolupament de les activitats de transport.

Així, l'avanç en la seguretat del transport ha estat incessant al llarg de la història de la humanitat. En l'era moderna la inseguretat intrínsecament associada al viatge es va anar esvaint i convertint-se en una creixent seguretat, obtinguda mitjançant la millora tecnològica i l'establiment de normes estrictes d'operació dels sistemes de transport. No obstant, aquest procés històric de guany de seguretat en el transport es va truncar a principis del segle XX, amb l'aparició de l'automòbil. Tant la freqüència com la gravetat dels accidents de transport, que havien vingut descendint lenta però fermament al llarg dels segles, es va tornar a incrementar als països en els quals es va introduir l'automòbil, a un ritme que no s'havia vist mai amb anterioritat en la història.

Entre les poques dades històriques disponibles sobre l'accidentalitat terrestre en l'època anterior a l'era automobilística es compta amb alguns registres d'Anglaterra i Gal·les cap a 1840, la mortalitat en accidents de circulació en tots dos territoris sembla que se situava per sobre dels 1500 morts a l'any, incloent caigudes de cavalls, atropellaments i tot tipus d'accidents en carruatges. L'aparició de nous vehicles no motoritzats, com la bicicleta, i sobretot el ferrocarril, va portar també un espectacular increment de la mobilitat, però al mateix temps va ajudar a reduir la mortalitat: el 1870, ja amb el ferrocarril àmpliament desenvolupat, va haver-hi unes 1.400 morts en tots dos territoris (Clapham, 1939).

El 1910 es van registrar menys de 1.200 morts en els transports no motoritzats i ferroviaris, malgrat el sensible increment de població, i la ràpida elevació de la mobilitat individual. No obstant, cap a aquesta data, la xifra total de morts per transport terrestre ja havia començat a pujar, fregant els 1.600, doncs el recentment introduït automòbil va causar en aquest any uns 400 morts, malgrat la seva escassa difusió.

A partir de llavors, l'escalada de morts en el Regne Unit va ser vertiginosa: el 1930 es van registrar 3722 morts només de vianants atropellats per automòbils, i la mortalitat viària va seguir creixent fins que, a principis de la dècada dels 70, als carrers i carreteres del Regne Unit van arribar a morir 8.000 persones a l'any (Estevan, 2001).

Un procés similar es va ser registrar en tots els països que anaven accedint a la motorització

massiva, el ritme de la qual es va accelerar després de la reconstrucció post bèl·lica als països del OCDE. En els anys cinquanta, els morts anuals en accidents de trànsit al món ja es comptabilitzaven per centenars de milers, però aquestes xifres, circumscrites en la seva major part als països desenvolupats, eren encara molt modestes en comparació del que vindria poc després (UPC, 2009).

4.7.2. El motor d'explosió

En efecte, en les últimes dècades del segle XX, l'entrada dels anomenats països en desenvolupament en el procés de motorització massiva va començar a disparar les xifres de l'accidentalitat vial. La combinació d'un ràpid augment del parc de vehicles, amb uns recursos molt limitats per a seguretat, manteniment viari i vigilància, va començar a fer veritables estralls en àmplies regions d'Àfrica, Àsia i Amèrica Llatina. Les reduccions de l'accidentalitat que es van aconseguir a partir dels anys vuitanta en alguns països desenvolupats van resultar insignificants enfront el increment de l'accidentalitat als països en desenvolupament.

Encara que les estadístiques d'algunes regions mundials són poc fiables, sembla que a mitjans de la dècada dels vuitanta ja s'havia superat el mig milió de víctimes mortals per any a escala mundial. El 1990 s'arribava als 700.000, i l'informe de 1999 de l'Organització Mundial de la Salut estimava en 1.171.000 les morts per accidents de trànsit a tot el món el 1998 (OMS, Informe mundial sobre prevenció de los traumatismos causados por el tránsito, 2004).

Els accidents d'automòbil són ja la desena causa de mort a nivell mundial, i la novena amenaça per a la vida humana, segons l'indicador de "anys potencials de vida saludable perduts", que utilitza la OMS per avaluar el dany global causat per una malaltia.

A més, cal esmentar que les perspectives per al futur immediat són encara més ombrívoles. La Federació Internacional de la Creu Roja i la Creixent Roja, en el seu Informe Mundial de Catàstrofes de 1998, assenyalava que a l'any 2020, els accidents de trànsit poden arribar a situar-se en tercer lloc entre totes les causes de mort i incapacitat (International Review of The Red Cross, 1998).

En àmplies regions mundials, s'està perdent el control d'aquesta situació. A Xina moren ja diàriament més de 200 persones, malgrat que l'immens país està amb prou feines iniciant el seu procés de motorització. En el conjunt dels països en desenvolupament, estan registrats amb prou feines un terç del total dels automòbils del món, però en ells s'acumulen més de les tres quartes parts dels morts mundials, amb una especial incidència sobre els vianants (Estevan, 2001).

Doncs als països en desenvolupament, entre un 30 i un 50% dels morts, segons els països, són vianants o ciclistes que moren atropellats per automòbils.

El primer accident de trànsit sense col·lisió va ser el 1896, a Irlanda: Mary Ward va morir als 42 anys d'edat, el dia 31 d'agost de 1896, després de caure d'un vehicle amb motor de vapor dissenyat pel seu cosí. Era un eminent científic i pioner en els camps de la microscòpia.

En el Regne Unit, la primera persona morta per causa d'un cotxe amb motor de combustió va ser Bridget Driscoll, de Croydon, Surrey, de 44 anys d'edat i mare de dos fills. Va ocórrer el 17 d'agost de 1896, a la velocitat de 7 km/h La velocitat va ser qualificada de tremenda i el mèdic forense va assegurar que això mai més tornaria a passar (Soniak, 2012).



Figura 4.24 Primer accident de trànsit per col·lisió. Font: "Mental Floss".

I el 12 de febrer de 1898 va ocórrer la primera col·lisió fatal d'un cotxe al Regne Unit. Henry Lindfield, un home de negocis de 42 anys, va estavellar el seu cotxe contra un arbre i va morir hores més tard a l'hospital de Croydon, en el que es considera el primer conductor mort a causa d'un accident de trànsit per col·lisió. Sempre va ser considerat un fet accidental, fins que als EUA i durant la dècada dels 60 del segle passat, William Haddon, metge, epidemiòleg i enginyer, es va fer càrrec de l'Administració Nacional de Seguretat en Camins i Carreteres, abordant el fenomen des de la perspectiva de la salut pública.

Va plantejar l'estudi en matriu, considerant les circumstàncies del vehicle, de les persones i de l'entorn, abans, durant i després de la col·lisió. Va generar les primeres mesures preventives, seguretat i va demostrar que els accidents es podien evitar (Haddon, 1980).

Taula 4.4 Matriu de Haddon. Font: "Dinesh Mohan".

Fase		Factors		
		Humans	Vehicles i equipament	Entorn
Pre col·lisió	Prevenició d'accidents	Informació Actituds Deteriorament Control policial	Inspecció tècnica Sistema de llums Sistema de frens Maneig Control de velocitat	Disseny i traçat de carreteres Límits de velocitat Instal·lacions per a vianants
Col·lisió	Prevenició de lesions durant l'accident	Ús de restriccions Deteriorament	Restriccions dels ocupants Altres sistemes de seguretat Disseny protector d'accidents	Sistemes de protecció de xoc en carreteres
Post col·lisió	Supervivència	Primers auxilis Accés al servei mèdic	Facilitat d'accés Risc d'incendi	Facilitat de rescat Congestió

De totes maneres, en poc més d'un segle, la indústria de l'automòbil ha prosperat com mai abans ho havia aconseguit cap activitat econòmica en la història, però aquest èxit industrial s'ha aconseguit a base de crear un problema sanitari, econòmic i humà de proporcions sense precedents, que ja l'accidentalitat de trànsit és, de fet, un dels més greus problemes als quals ha d'enfrontar-se globalment la societat en l'actualitat (Technology, 2006).

4.7.3. Democratització de l'ús particular de la mobilitat

Per molt ecologistes, l'automòbil és el mitjà de transport que més impactes provoca, que resulta més car, i el que més energia consumeix. Pot ser útil per a trajectes molt específics que no siguin coberts per cap línia de transport públic o per a recorreguts de porta a porta, així com per a trajectes que hagin de realitzar-se a una gran velocitat per raons d'urgència. El cotxe és un medi de transport ràpid i flexible, ja que atén únicament als desitjos del seu conductor.

El principal problema del cotxe radica en el seu ús generalitzat i desmesurat, que provoca la congestió i ineficiència de tot el transport viari. L'automòbil és el medi de transport que més energia consumeix per persona transportada i quilòmetre recorregut, ja sigui per a taxes d'ocupació màximes o taxes d'ocupació reals.

L'elevat consum d'energia d'aquests, que el situa com el medi de transport més ineficient, és la causa dels seus majors impactes i del seu major cost econòmic, tant per a l'usuari com per la societat. A la vegada, és la causa de majors impactes a escala global: com la contribució al canvi climàtic i impactes relacionats amb l'obtenció i distribució de l'energia que consumeix i esgota, així com un augment en l'accidentalitat.

Els accidents de trànsit constitueixen la majoria dels accidents deguts al transport, i d'aquests, l'automòbil proporcionalment és el medi que més morts i ferits causa a la població (DGT, Siniestralidad Vial, 2010).

Dels treballs realitzats en el marc de les conferències de les Nacions Unides trobem diverses posicions pel que fa al transport urbà. Com a principal i creixent problema es defineix el creixement de l'ús dels vehicles particulars motoritzats a les ciutats, en prop del 10% per any en molts països en desenvolupament, la qual cosa fa urgent la gestió dels sistemes de transport urbà. Els costos ambientals del transport motoritzat també estan creixent. Segons la Comissió Europea, les emissions de CO² van créixer un 15,3% entre 1990 i 1997. A les ciutats dels països en vies de desenvolupament, el transport motoritzat és el responsable d'entre un 70 i 80% de la contaminació atmosfèrica. Però són els costos humans els que realment han sofert un ascens impressionant.

Cada any moren més que 500.000 persones en accidents de trànsit, i es creu que són la causa de la tercera part d'incapacitacions i de morts prematures (OEP-ESTT, 2011).

En l'Estat espanyol els accidents de trànsit constitueixen en l'actualitat la cinquena causa més freqüent de mort. Però és que, a més, els accidents de trànsit perjudiquen principalment a la

població jove, doncs cada dia moren quatre joves en accidents de trànsit segons un informe de Trànsit i Seguretat Vial, convertint-se en la primera causa de mort entre els joves, per davant de la sida i les drogues. De fet, representen la principal causa de mortalitat de les persones de menys de 39 anys (Vial, 2005).

En aquest sentit, Helmut Holzapfel caracteritza els efectes negatius de l'automòbil com alguna cosa molt similar a una guerra: a Alemanya van morir entre 1953 i 1982 més que 440.000 persones, en els últims 10 anys van sofrir ferides greus uns 1,6 milions de persones (Holzapfel, 1997).

Aquesta important sinistralitat presenta una forta repercussió urbana: més de la meitat del total d'accidents es produeixen a les ciutats. El nombre de ferits en accidents de trànsit és en ciutat aproximadament del 50%, igual que les morts per atropellament. La majoria dels accidents de moto també són preferentment urbans, aproximadament un 76% del total.

La xifra total de víctimes per a l'any 2005, un dels anys amb menors taxes d'accidentalitat, va arribar a més de 137.000 persones, amb 4.442 persones mortes i 21.859 ferits greus. En el següent gràfic es mostra l'evolució i la línia de tendència de l'accidentalitat de trànsit com a causa de mort a Espanya entre 1980 i 1998¹⁰.

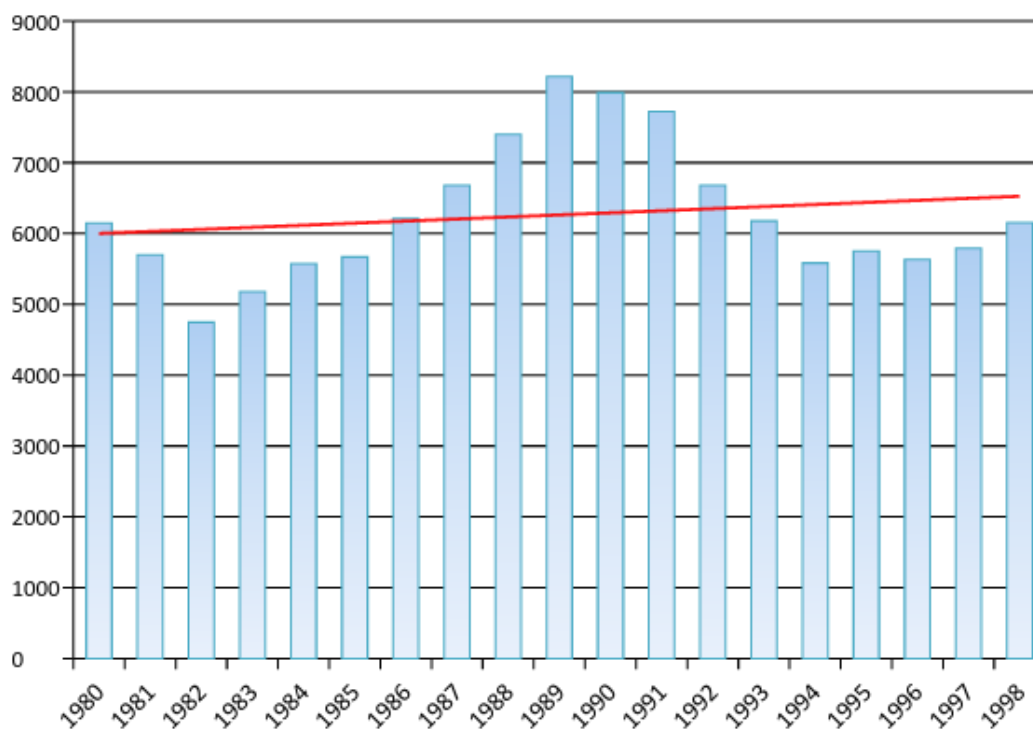


Figura 4.25 Evolució del nombre de morts per accidents de trànsit a Espanya entre el 1980 i 1998.
Font: Elaboració pròpia a partir de dades del INE.

¹⁰ Segons dades del "Observatorio Nacional de Seguridad Vial", Octubre 2011

A tot això, cal sumar-li doncs, que el cotxe també té un efecte negatiu sobre el transport públic i els mitjans no motoritzats. La repercussió sobre el transport públic es deu tant a la gran quantitat d'espai públic que consumeix, com a les congestions que produeix.

Es tracta d'una competició desigual per un espai de públic limitat en el qual el gran perdedor és el sistema públic d'autobusos, que veu molt empitjorada la qualitat del seu servei i requereix, per ser mantingut, d'importantes inversions públiques. En aquesta injusta competició, l'autobús perd potencials viatgers que es passen a l'automòbil, perpetuant el problema.

L'efecte indirecte d'aquesta situació és que, al mateix temps que el transport públic per carretera es troba desprestigiada, el metro i les rodalies són els únics transports públics demandats per la societat a causa del seu elevat grau d'acceptació social. I és que aquests mitjans de transport no han de competir contra el cotxe per l'espai públic, gràcies a la qual cosa garanteixen un servei de qualitat. Però convé no oblidar que tots dos requereixen d'unes importants inversions en infraestructura que s'han d'amortitzar, i que només resulten rendibles a partir d'una quantitat de viatgers per dia molt elevada.

L'ús excessiu de l'automòbil, amb la seva expansió urbana de les últimes dècades, és també causant de la inhibició dels transports no motoritzats. Vianants i ciclistes no troben lloc en una ciutat hostil per a ells. Una ciutat dissenyada per al cotxe, sense espai ni facilitats per caminar o pedalejar, on el règim de por per atropellament de l'automòbil, i la contaminació que produeix es combinen inhibint a vianants i ciclistes.

De manera que sembla que l'automòbil sigui un medi de transport difícil de democratitzar, ja que a mesura que més gent l'utilitza, més ineficient i insegur es torna, tant el propi automòbil com tot el sistema de transport viari (Frame, 1999).

La motorització ha contribuït a la dispersió urbana i les ciutats han evolucionat a fi d'adaptar-se a l'ús dels automòbils, la qual cosa ha implicat molts efectes negatius per a la vida i la cohesió social. Són necessaris canvis per gestionar el paper predominant del trànsit motoritzat als països industrialitzats. També són urgents aquests canvis als països d'ingressos baixos i mitjans, en els quals el nivell de motorització augmenta ràpidament. Les ciutats s'han fet cada vegada més dependents del transport motoritzat ja que s'han expandit d'una forma que afavoreix la dispersió urbana.

Es necessiten elements de planificació i disseny urbà que aconseguixin una reducció de l'ús dels vehicles de motor i promoguin els mitjans alternatius de transport. Haurien de tenir-se en compte les necessitats dels vianants en dissenyar l'entorn urbà, de manera que les persones puguin caminar o desplaçar-se en transport públic amb facilitat a o des de la destinació que desitgin (Peatonos: seguridad vial, espacio urbano y salud, 2009). A més, els dissenyadors urbans haurien d'intentar desenvolupar entorns adaptats als vianants que incloguin vies per als vianants propícies per caminar.

El nombre absolut de defuncions per lesions causades pel trànsit i les taxes de mortalitat

varien considerablement entre les regions del món. La Regió del Pacífic Occidental de la Organització Mundial de la Salut va registrar el nombre absolut més elevat de morts l'any 2002, amb una mica més de 300.000 defuncions, seguida per la Regió d'Àsia Sud-oriental, que va registrar poc menys de 300.000 defuncions. Més de la meitat de totes les morts causades pel trànsit al món correspon a aquestes dues regions.

Quant a les taxes de mortalitat, la més elevada es va registrar a la Regió d'Àfrica de la OMS, amb 28,3 per 100.000 habitants en 2002, seguida de prop pels països d'ingressos baixos i mitjans de la Regió del Mediterrani Oriental, amb 26,4 per 100.000 habitants.

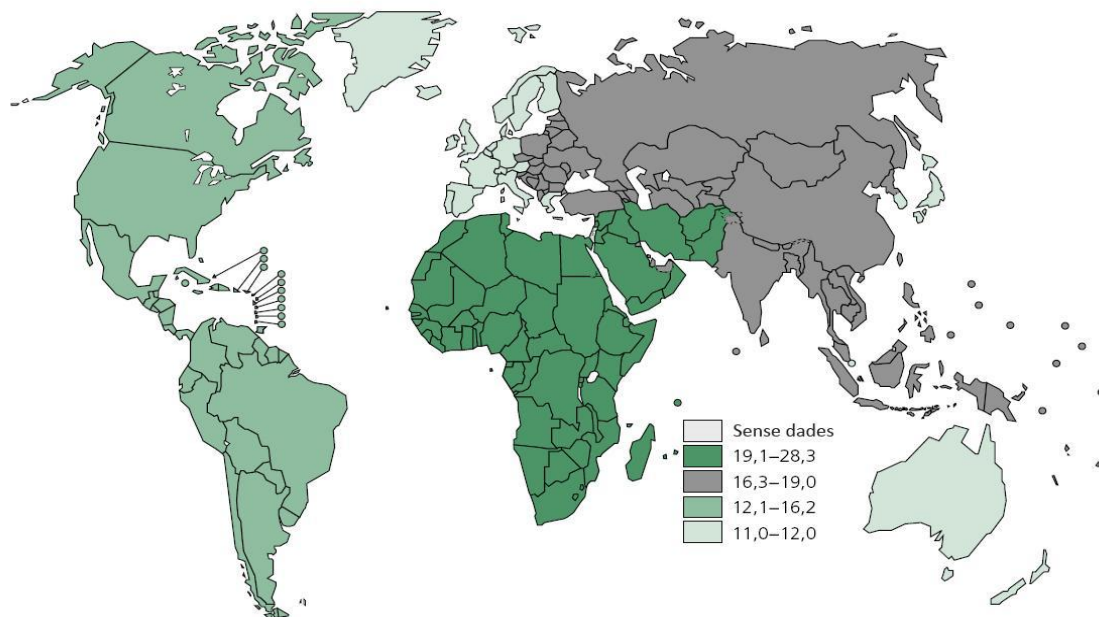


Figura 4.26 Taxes de mortalitat per traumatisme causat per accident de trànsit (per 100.000 habitants, per regió de la OMS, 2002). Font: OMS, projecte Carga Mundial de Morbiditat, 2002.

Els països europeus d'ingressos alts presenten la taxa més baixa de mortalitat pel trànsit (11,0 per 100.000 habitants), seguits pels de la Regió del Pacífic Occidental de la OMS (12,0 per 100.000 habitants). En general, les mitjanes regionals als països d'ingressos baixos i mitjans són molt més elevats que les taxes corresponents als països d'ingressos alts (OMS, 2004).

4.7.4. Estratègies per apaivagar l'accidentalitat de trànsit

Una de les finalitats de la carretera és la de permetre una circulació segura, és a dir, sense accidents. No obstant, els accidents de trànsit en el cas de carreteres espanyoles són un fenomen quotidià en el qual moren cada any prop de cinc mil persones. Per això, i a fi de desenvolupar mitjans més eficaços de millora de seguretat vial, és imprescindible estudiar com ocorren els accidents i els factors que han influït en els mateixos, per posteriorment

extreure d'aquests estudis les conclusions necessàries encaminades a la seva reducció i per tant a la dels seus costos derivats.(Pich, 1998)

Els accidents de trànsit, a més del impacte psíquic i social que produeix sobre les víctimes, familiars i amics, tenen un cost social molt elevat, per despeses hospitalàries, manteniment de la xarxa viària i l'engegada de mesures per reduir la sinistralitat (DGT, Las consecuencias del accidente. Consecuencias económicas y sociales, 2011).

Una d'aquestes mesures consisteix en l'educació vial i en les campanyes de conscienciació. Aquesta mesura és completament útil i necessària, ja que els avanços tècnics en el camp de la seguretat es veuen en part superats pel comportament de compensació de riscos per part dels conductors. Una dificultat amb la qual es troben les administracions a l'hora d'intentar conscienciar als ciutadans del greu problema dels accidents de trànsit és que la població els té assumits i no els identifica com un greu problema, que simplement és el peatge que es paga per la modernització.(Sanz Alduan, 2008)

Amb la nova llei de trànsit, Espanya s'ha col·locat en el grup capdavanter de països europeus, amb aspectes tals com la retirada del permís de conducció per acumulació de dues infraccions molt greus. En canvi, en altres àmbits de la seguretat vial però, es troba a remolc dels països pioners. Juntament amb les mesures repressives, que en la seva justa mesura són necessàries, existeixen altres propostes que eradicarien en gran mesura l'alta sinistralitat.

Destacar que l'administració hauria de realitzar més estudis de valoració de la seguretat de les infraestructures, de tal forma que es determinessin amb més exactitud les carreteres d'alta sinistralitat. A la vegada que hauria d'existir un programa d'educació vial, oficial, per ser impartit en totes les escoles del país. De manera que s'aconseguiria el nivell de conscienciació, sensibilització i informació necessari perquè en pocs anys els accidents en carretera no siguin una de les primeres causes de defunció.

Reduir el nombre de morts i ferits greus en carretera al llarg d'aquesta dècada és l'objectiu de l'Estratègia 2011-2020, que ja ha rebut el vistiplau del Consejo Superior de Tráfico i espera ser aprovada en Consell de Ministres. I és que, encara que es manté el lideratge polític de la Dirección General de Tráfico, el nou pla requereix una estreta coordinació ministerial i planteja mesures que hauran d'abordar les comunitats autònomes i ajuntaments, així com altres institucions i col·lectius.

Els principals eixos de treball per a l'elaboració de l'estratègia han estat un exhaustiu anàlisi dels problemes de la seguretat a Espanya i a Europa, un model de participació públic i privat, social i territorial, i l'aportació d'experts nacionals i internacionals.

Amb el pla anterior (Pla Estratègic de Seguretat Vial 2005-2008) es va aconseguir el 2008 l'objectiu de reduir el 40% el nombre de morts, i el 2010 s'havia superat el 53% de reducció. Una de les claus ha estat el canvi de comportament dels usuaris, aconseguint uns nivells de seguretat homologables als dels països europeus millor situats en aspectes com a ús de cinturó i casc, velocitats mitjanes i consum d'alcohol.

Així mateix, s'han identificat, a partir de dades d'accidentalitat, problemes que han permès identificar els col·lectius i els temes claus. Per a això s'han analitzat també les polítiques de seguretat vial d'altres països i els seus resultats, per la qual cosa l'Estratègia posa l'accent en col·lectius com a nens, joves, majors, vianants, ciclistes, motoristes; i en temes clau com l'alcohol, drogues i velocitat.

D'aquesta manera, el nou pla d'Estratègia de Seguretat Vial 2011-2020 (Siniestralidad Vial, 2010) impulsat per la DGT, planteja els següents punts:

- **Zero nens morts sense cadireta infantil.** L'Estratègia planteja que al 2020 no hi hagi cap nen que hagi mort en un vehicle sense utilitzar un sistema de retenció infantil.
- **Joves més conscienciats.** Millorar la formació i conscienciar en els riscos de la conducció dels conductors més joves per aconseguir una reducció del 25% dels conductors de 18 a 24 anys morts i ferits greus durant els caps de setmana. Precisament, el 45% d'aquestes morts es produeixen en dissabte i diumenge, mentre que per a la resta de la població és del 34%.
- **Gent gran.** Creix el col·lectiu de majors de 64 anys, i la seva mortalitat com a conductors (5,1%) és superior a altres grups, de manera que es realitzarà un seguiment de les seves capacitats per a la conducció i s'habilitaran espais segurs de mobilitat per a majors.
- **Reduir els atropellaments.** La seva sinistralitat ha disminuït entorn del 40% entre 2003 i 2009. No obstant això, s'ha reduït un 10% menys que la mitjana, passant a suposar un 14,6% de la xifra total de morts, al 17,3% en 2009. Entre altres actuacions sobre aquest col·lectiu, es pretén promoure els desplaçaments a peu com a manera de mobilitat eficient i proporcionar espais segurs per als vianants.
- **Més ciclistes i segurs.** Per proporcionar un desplaçament estable d'aquests usuaris, tenint en compte que hi haurà un milió més d'usuaris en la propera dècada, es promouran els desplaçaments amb bicicleta com a manera de mobilitat eficient, millorant la capacitat i actituds dels ciclistes, i se'ls proporcionaran espais segurs.
- **Motoristes: menys morts.** En els últims sis anys s'han incrementat un 19% les defuncions dels usuaris de motocicletes, encara que des de 2007 s'ha produït un canvi de tendència que s'ha de mantenir. Algunes de les mesures que s'engegaran seran aconseguir comportaments més segurs i incrementar la seguretat que ofereixen les carreteres als motoristes. Tenint en compte la major proporció d'accidents entre els motoristes, les campanyes de comunicació de seguretat viària s'haurien de centrar en l'excés de velocitat, maniobres arriscades, i les interaccions amb els vianants i els ciclistes (Delhomme, 2009).
- **Empreses i cultura de seguretat vial.** El 2009, més del 71% dels accidents laborals amb víctimes es van produir en anar i tornar del treball o durant el mateix, amb 170

morts. Per reduir-los, es treballarà per aconseguir una intervenció activa de les empreses en els accidentis trànsit.

- **Baixar a l'1% l'alcoholèmia.** La taxa de positius s'ha reduït, situant-se en 1,8% en els controls preventius enfront del 4,2% en 2003. A més, els morts que havien consumit alcohol han passat del 35% el 2003 al 30% el 2009. Reduir al màxim la conducció sota els efectes de l'alcohol és un gran repte per a aquesta dècada, pel que es desenvoluparan accions preventives i de control del consum al volant d'alcohol i altres drogues.
- **Reduir els excessos de velocitat.** La velocitat excessiva i inadequada, que és molt comuna, origina al voltant del 30% de les col·lisions i de les defuncions causades pel trànsit. En cas d'un xoc a 80 km/h, els ocupants de l'automòbil tenen 20 vegades més probabilitats de morir que a 30 km/h. Els vianants tenen 90% de possibilitats de sobreviure en ser copejats per un automòbil que circula a una velocitat de 30 km/h o inferior, però menys que 50% de sobreviure en cas d'impacte a 45 km/h o més (OMS, Informe mundial sobre prevenció de los traumatismos causados por el tránsito, 2004).

Destacar finalment que a l'any 2000 la Unió Europea va impulsar un pla de seguretat viària 2000-2010 amb un objectiu general força ambiciós: reduir en un 50% el nombre de morts en 10 anys. Transcorregut aquest termini, tot i que molts països, com Catalunya, han aconseguit aquesta reducció, els números globals de la Unió Europea s'han quedat a les portes d'aconseguir-ho, s'han reduït un 45% (MOBAL, 2013).

Tot i no assolir l'objectiu inicial establert, la reducció en el nombre de morts a tot Europa ha estat força significatiu i per aquest motiu la Comissió Europea ha impulsat un segon pla de seguretat viària per la següent dècada, és a dir, del 2011 al 2020. Aquest nou pla també es planteja l'objectiu d'assolir una reducció del 50% del nombre de morts registrats l'any 2010 per l'any 2020.

5. DEFINICIÓ I CONCEPTES DE LA VARIABLE VELOCITAT

La velocitat és una variable molt rellevant, amb conseqüències pels vianants. Velocitats elevades augmenten la probabilitat de col·lisió, doncs es perd capacitat de percepció del vianant, i per aturar a temps el vehicle i evitar el contacte. Els atropellaments on la velocitat de contacte es inferior a 32 Km/h, presenten una mortalitat del 10%, si la velocitat supera els 64 km/h, aquest percentatge s'enfila fins al 90%.

5.1. Definició

Una vegada adoptat el sistema de referència, la posició d'una partícula queda especificada per les tres coordenades (x, y, z) del punt que ocupa, o pel vector de posició:

$$\mathbf{r} = x(\mathbf{x}) + y(\mathbf{y}) + z(\mathbf{z}) \quad (5.1)$$

Quan la partícula es desplaça, la seva posició varia amb el temps. El lloc geomètric de les posicions successivament ocupades per la partícula en el transcurs del temps es diu trajectòria. L'equació d'aquesta corba és:

$$\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{x} + y(t)\mathbf{y} + z(t)\mathbf{z} \quad (5.2)$$

Que correspon a les tres equacions paramètriques escalars:

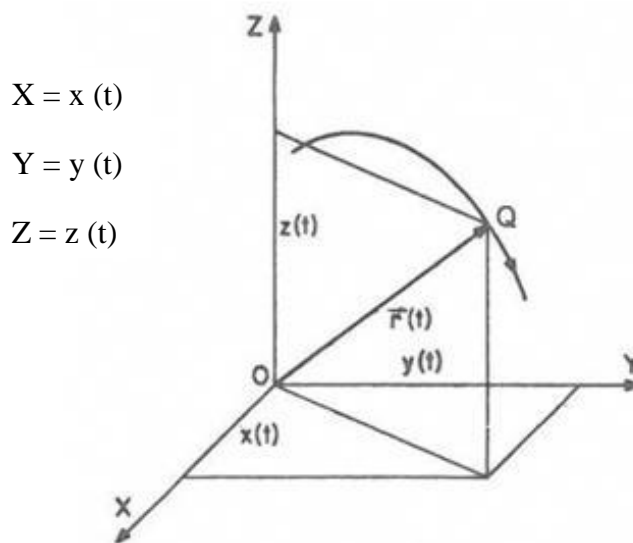


Figura 5.1 Parametrizació de la trajectòria d'un cos. Font: UNED.

Una partícula que pot moure's per tot l'espai es diu que té tres graus de llibertat. Llavors, si en lloc d'una sola partícula tenim un sistema de N partícules lliures, el nombre de graus de llibertat del sistema serà igual a 3N.

No obstant això, si les partícules estan sotmeses a lligadures, com és el cas d'un vehicle que es pot considerar com un sòlid rígid, el nombre de graus de llibertat es redueix enormement; així, per a un cos rígid tindrem com a màxim sis graus de llibertat, corresponents a tres graus de llibertat de translació i a tres més corresponents a rotació.

Quan una partícula està obligada a moure's sobre una superfície (en el cas d'un vehicle, sobre la superfície sobre la que es mou), el nombre de graus de llibertat es redueix a dos. En particular, la superfície pot ser un plànol; en tal cas, la trajectòria és plana i serà convenient escollir el sistema d'eixos OXY de manera que el plànol que defineixen coincideixi amb el

plànol de la trajectòria (Lorente J.R., 1990).

Pot succeir també que el moviment de la partícula hagi de tenir lloc necessàriament al llarg d'una determinada corba; ara hi ha tan sols un grau de llibertat. Eventualment, la corba pot ser una recta; en aquest cas, convindrà prendre l'únic eix OX de referència en la direcció de la trajectòria rectilínia.

Una partícula determinada, seguint una mateixa trajectòria, pot trigar més o menys temps a desplaçar-se des d'una posició Q_1 donada per $r(t_1)$, en l'instant t_1 , a una altra Q_2 donada per $r(t_2)$, en l'instant t_2 .

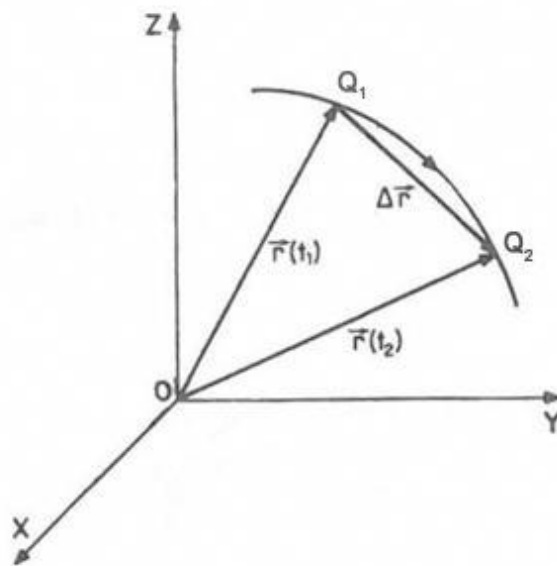


Figura 5.2 Parametrizació del desplaçament d'un cos. Font: Lorente, J.L. 1990 "Física Tomo I".

Amb la finalitat de mesurar la rapidesa en el desplaçament, es defineix la magnitud anomenada velocitat. La velocitat mitjana d'una partícula que, en l'interval de temps finit Δt , sofreix un desplaçament Δr , és:

$$\mathbf{v}^{\rightarrow} = \Delta \mathbf{r} / \Delta t = (\mathbf{r}(t_2) - \mathbf{r}(t_1)) / (t_2 - t_1) \quad (5.3)$$

Convé notar que la velocitat mitjana no subministra informació sobre la naturalesa del moviment, ja que per anar de Q_1 a Q_2 la partícula pot seguir diferents trajectòries, i en les diferents fraccions de temps compreses en el interval de t_1 a t_2 , el moviment pot ser més o menys ràpid. Això és més evident si considerem una possible trajectòria tancada; en tal cas, en ser $\Delta r = 0$, la velocitat mitjana és nul·la.

Es fa necessària, doncs, la definició d'una magnitud que tingui un caràcter més general que la

velocitat mitjana, podent així proporcionar més informació sobre la trajectòria i el moviment del cos.

Per a això, fem tendir Δt a zero; llavors, Δr tendirà igualment a zero. Amb això definim el concepte de velocitat instantània v del cos en la posició $r(t)$, corresponent a l'instant t , com el límit de la velocitat mitjana quan Δt tendeix a zero:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} \quad (5.4)$$

D'acord amb la definició de derivada d'una funció vectorial (Δr) respecte d'un escalar (Δt), l'expressió de la velocitat instantània prendrà la forma:

$$v = (dr(t))/dt = dx/dt x + dy/dt y + dz/dt z \quad (5.5)$$

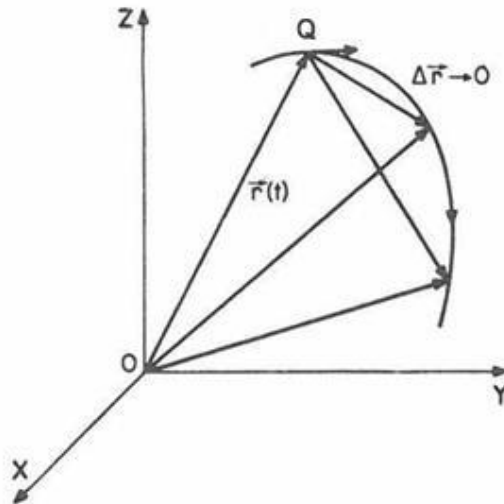


Figura 5.3 Parametrització derivada del desplaçament. Font: Lorente, J.L. 1990 "Física Tomo I".

Donat que la velocitat instantània és una funció vectorial definida en l'espai tridimensional, es pot descompondre en tres funcions escalars de la manera següent:

$$v_x(t) = dx/dt(t)$$

$$v_y(t) = dy/dt(t)$$

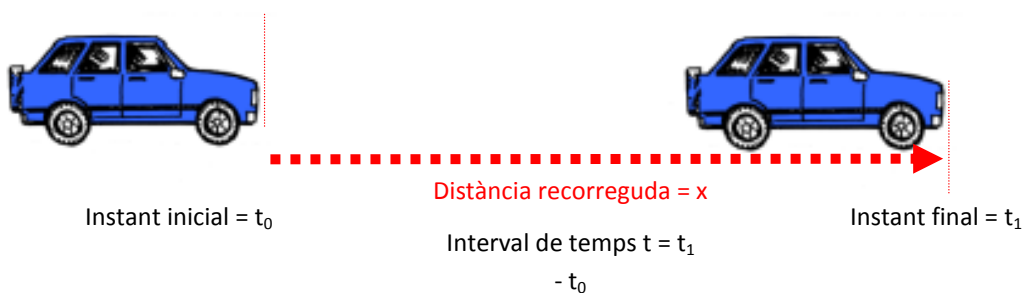
$$v_z(t) = dz/dt(t)$$

El valor mig de la velocitat instantània en el interval $\Delta t = t_2 - t_1$, ve donat per:

$$v_x(t) = dx/dt(t) \quad (5.6)$$

$$\begin{aligned}
 \vec{v} &= (\int_{t_1}^{t_2} \vec{v}(t) \cdot dt) / (\int_{t_1}^{t_2} dt) \\
 &= 1/(t_2 - t_1) \cdot \int_{t_1}^{t_2} d\vec{r}(t)/dt \cdot dt \\
 &= (\vec{r}(t_2) - \vec{r}(t_1)) / (t_2 - t_1) = \Delta\vec{r}/\Delta t
 \end{aligned}
 \tag{5.7}$$

Per al cas unidimensional, podem determinar la velocitat mitjana d'un vehicle, mitjançant la següent formulació:



$$v = \Delta x / \Delta t = (x_1 - x_0) / (t_1 - t_0)
 \tag{5.8}$$

En el sistema la unitat utilitzada per mesurar la velocitat és el metre per segon [m/s]. En un context social més ampli i al que sens dubte estem més acostumats, la velocitat s'expressa en quilòmetres per hora [km/h].

El factor de conversió de m/s a km/h és 3,6.

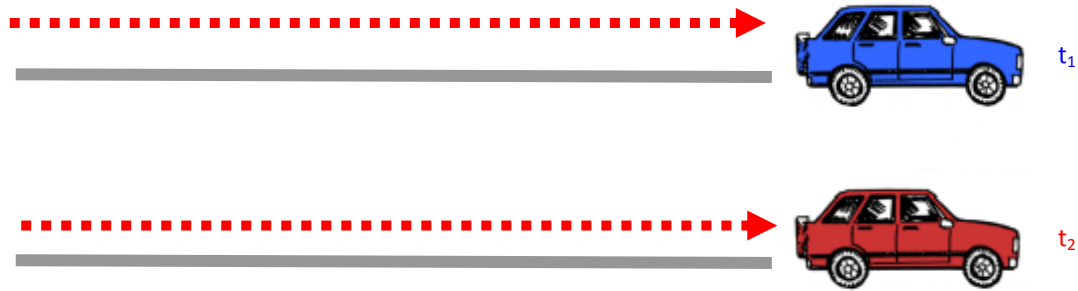
$$20 \text{ m/s} \quad \xrightarrow{\times 3,6} \quad 72 \text{ km/h}$$

Si tenim que un turisme circula a 20 m/s, multiplicarem per 3,6 i obtindrem que circula a 72 km/h.

$$90 \text{ km/h} \quad \xrightarrow{/ 3,6} \quad 25 \text{ m/s}$$

Si tenim que un turisme circula a 90 km/h dividirem entre 3,6 i obtindrem que circula 25 metres per segon.

Tenim dos vehicles que recorren un cert espai (el mateix per a ambdós); mesurant amb un cronòmetre el temps que ambdós empren per a recórrer aquest espai, s'observa que el cotxe blau ha trigat t_1 mentre que el cotxe vermell ha trigat més, ha empleat t_2 .



A l'observar com el cotxe vermell ha tardat MÉS en recórrer la mateixa distància, podem concloure que la velocitat del cotxe blau era més elevada que la del cotxe vermell.

En un circuit el vehicle que arriba primer al final ha recorregut la distància de la cursa en un interval de temps menor que els vehicles que arriben després. Per tant, la seva velocitat ha sigut més elevada.

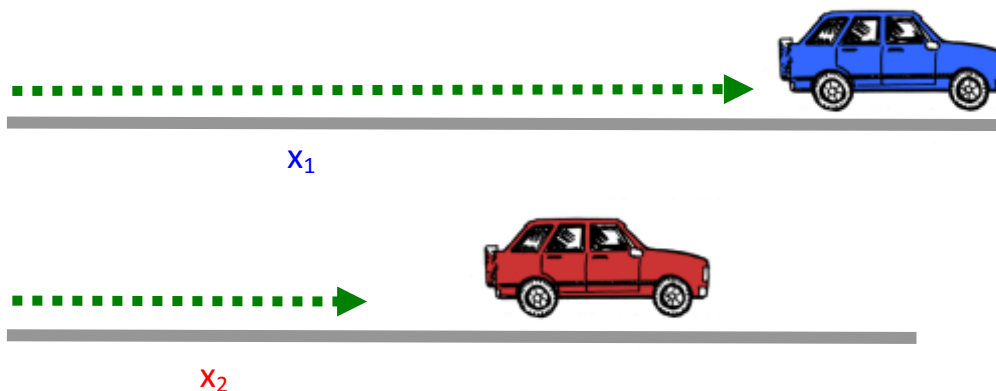
Si ens fixem en una carrera de cotxes, inicialment els participants estan detinguts en la línia de sortida. Transcorregut un cert interval de temps t_1 , si el vehicle vermell està en una posició més avançada que el vehicle groc, voldrà dir que a accelerat més ràpid, i per tant, que en aquest interval de temps ha arribat a circular a una velocitat més elevada.

5.1.1. Velocitat com valor relatiu a la distància recorreguda

Si per a un interval de temps determinat la distància recorreguda varia entendrem que també varia la velocitat. Si ens fixem en un vehicle que es mou, podem apreciar com aquest vehicle canvia d'una posició a una altra emprant un temps determinat.

Tenim dos vehicles, un blau i un vermell, i es comencen a moure's en el mateix instant de temps, transcorregut un interval de temps (el mateix per a ambdós) fem que ambdós es detinguin.

Mesurant distància recorreguda per cadascun d'ells en aquest interval s'observa que el cotxe blau ha recorregut una distància x_1 major que la distància x_2 recorreguda pel cotxe vermell.



En observar que el cotxe blau ha recorregut més distància que el cotxe vermell en el mateix temps conclourem que la velocitat del cotxe blau era més elevada que la del cotxe vermell.

5.2. Acceleració

L'acceleració és la variació de la velocitat d'un objecte al llarg del temps. Hem esmentat que la velocitat instantània és una funció que depèn del temps. Això significa que, en general, el seu mòdul (de vegades anomenat *celeritat*) i la seva direcció, canviaran d'un instant a un altre; és a dir, serà diferent en les successives posicions ocupades al llarg d'una trajectòria.

Per expressar aquesta possible variació, es defineix, en principi, l'acceleració mitjana, com la relació:

$$\mathbf{a}^{\rightarrow} = \Delta \mathbf{v} / \Delta t = (\mathbf{v}(t_2) - \mathbf{v}(t_1)) / (t_2 - t_1) \quad (5.9)$$

Com passa amb la velocitat mitjana, haurà de definir-se una magnitud més general que expliqui la variació, en cada instant, de la velocitat instantània; aquesta és l'acceleració instantània: quan un cos es troba en la posició $\mathbf{r}(t)$, en l'instant t , amb una velocitat $\mathbf{v}(t)$, l'acceleració instantània es defineix:

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} \quad (5.10)$$

I per tant, segons la definició de derivada, obtenim:

$$\mathbf{a} = (d\mathbf{v}(t))/dt \quad (5.11)$$

Tenint en compte que la velocitat és la derivada de la trajectòria respecte del temps.

$$\mathbf{v} = d\mathbf{r}(t)/dt \quad (5.12)$$

Tenim:

$$\mathbf{a} = (d^2 \mathbf{r}(t)) / [dt]^2 \quad (5.13)$$

Per tant, l'acceleració instantània és el vector derivada del vector velocitat instantània, o bé, el vector derivada segona del vector posició. Igualment, el valor mig de l'acceleració instantània en el interval $\Delta t = t_2 - t_1$, ve donat per:

$$\begin{aligned}
 \vec{a} &= (\int_{t_1}^{t_2} \vec{a}(t) \cdot dt) / (\int_{t_1}^{t_2} dt) \\
 &= 1/(t_2 - t_1) \cdot \int_{t_1}^{t_2} d\vec{v}(t)/dt \cdot dt \\
 &= (\vec{v}(t_2) - \vec{v}(t_1)) / (t_2 - t_1) = \Delta\vec{v}/\Delta t
 \end{aligned}
 \tag{5.14}$$

La unitat d'acceleració és el [m/s²], tot i que en les característiques tècniques d'un vehicle, generalment s'especifica l'acceleració com el temps transcorregut des que aquest vehicle varia la velocitat de 0 km/h fins a 100 km/h.

5.2.1. Tipologies

Si prenem la velocitat d'un vehicle en dos moments diferents, podem tenir tres situacions diferents:

- **La velocitat és constant:** Si la velocitat és la mateixa i no s'ha alterat, el vehicle no ha experimentat cap acceleració.
- **La velocitat ha augmentat:** Si la velocitat final del vehicle és major que la inicial, llavors direm que el vehicle ha accelerat.
- **La velocitat ha disminuït:** Si la velocitat final del vehicle és menor que la inicial, llavors direm que el vehicle ha desaccelerat.

Per tant, veiem que existeixen diferents tipologies:

5.2.1.1. Moviment uniforme

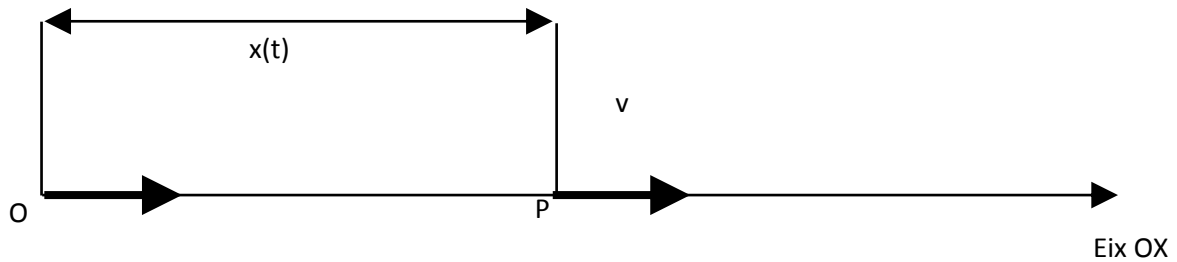
Aquest tipus de moviment es caracteritza perquè la velocitat a la que es desplaça el cos considerat és constant.

Al tractar-se d'un vector, el fet que la velocitat sigui constant implica que el seu mòdul, la seva direcció i el seu sentit romanen invariables en el transcurs del temps. Si denotem per v_0 el mòdul constant de la velocitat; i prenent el cas particular d'un moviment rectilini, és a dir, unidimensional agafant com a eix OX del sistema de referència la recta definida per la trajectòria, la posició i la velocitat instantànies prendran, respectivament la forma:

$$\vec{r}(t) = x(t) \vec{u}_x
 \tag{5.15}$$

$$\vec{v}(t) = v_0 \vec{u}_x
 \tag{5.16}$$

On \vec{u}_x és el vector unitari en la direcció OX.



Així doncs, coneguda la velocitat v_0 , sent aquesta constant, i la condició inicial que és que en l'instant $t=0$ la partícula ocupa la posició x_0 , podem determinar la posició de la partícula en un instant posterior $t>t_0$ mitjançant l'equació:

$$\int_{x_0}^x dx = \int_{t_0}^t v_0 \cdot dt \quad (5.17)$$

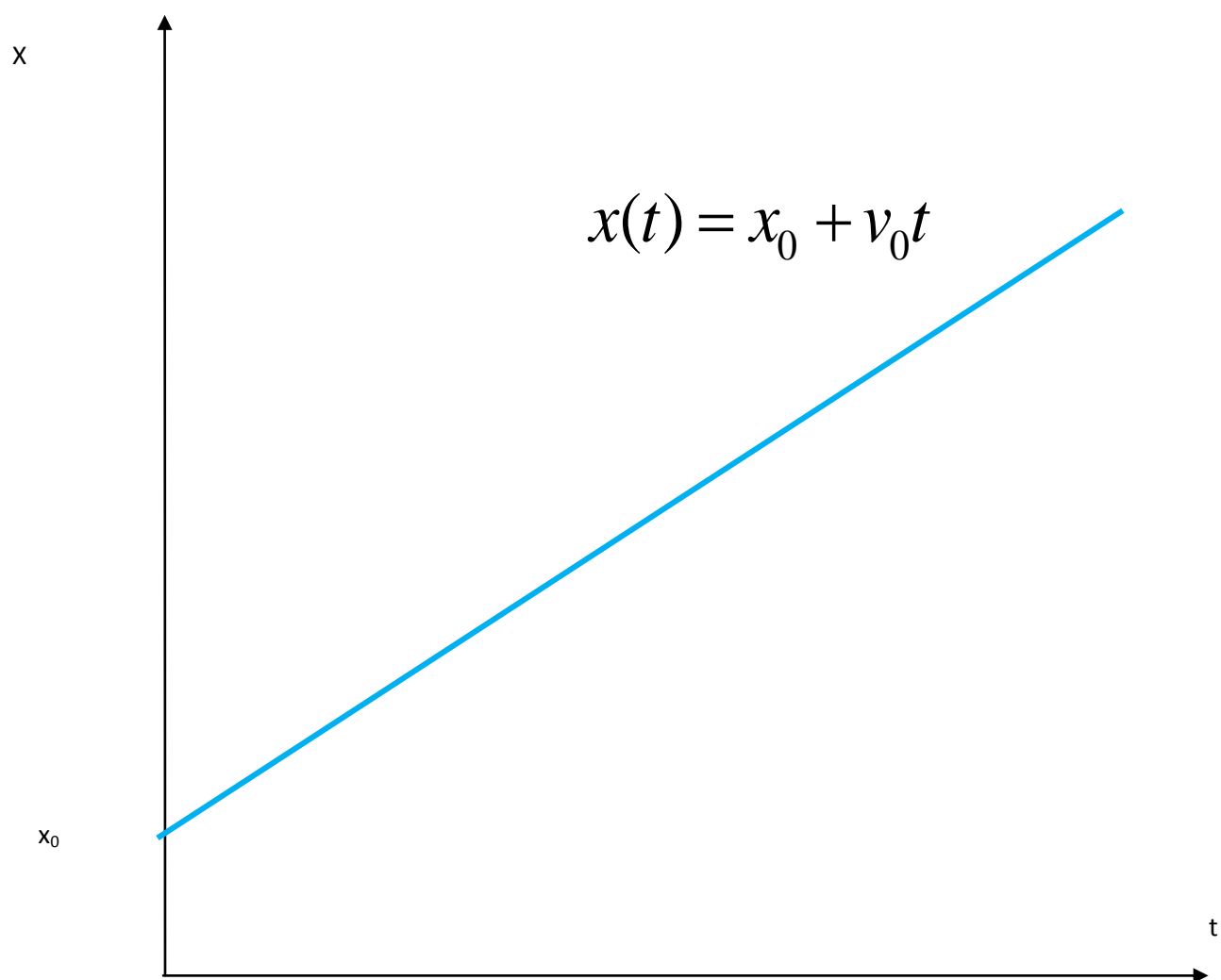
Resolent l'equació anterior, ens queda:

$$x(t) - x_0 = v_0 t \quad (5.18)$$

O, el que és el mateix:

$$x(t) = x_0 + v_0 t \quad (5.19)$$

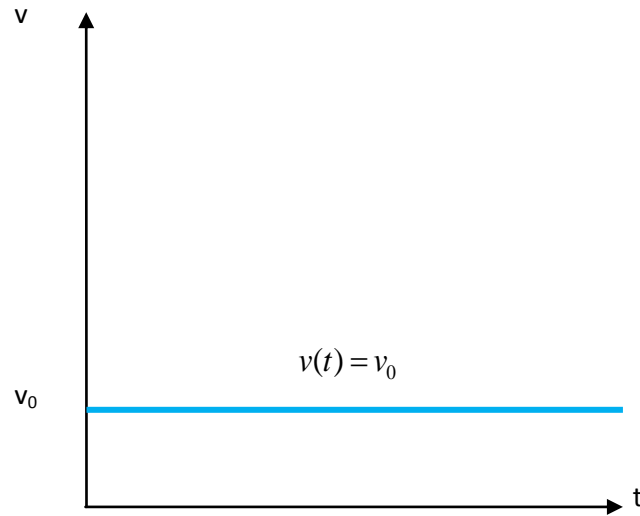
Resultat que correspon a l'equació d'una recta en el plànol (t,x), amb un pendent v_0 i una ordenada en l'origen x_0 :



D'altra banda, la condició d'uniformitat o constància de la velocitat al llarg del temps:

$$v(t) = v_0 \quad (5.20)$$

Equival a l'equació d'una recta en el plànol (t, v) , paral·lela a l'eix t , que talla a l'eix v en $v = v_0$:



Alhora, segons la definició d'acceleració, com la velocitat és constant, la seva derivada respecte del temps és 0. I per tant, l'acceleració en un moviment uniforme és nul·la en qualsevol instant:

$$\mathbf{a}(t) = \mathbf{0} \quad (5.21)$$

5.2.1.2. Moviment rectilini uniformement accelerat

En el cas d'un moviment uniformement accelerat, la velocitat varia en el temps. Però l'acceleració és constant amb el transcurs del temps; és a dir, el seu mòdul, la seva direcció i el seu sentit no canvien amb el temps.

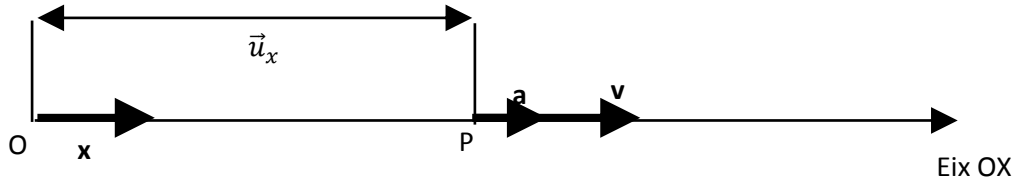
Igual que abans, si considerem el cas d'un moviment rectilini (unidimensional per simplificar els càlculs) en la direcció de l'eix OX del sistema de referència; llavors, la posició, la velocitat i l'acceleració instantànies podran escriure's, respectivament, com:

$$\mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{u}_{\rightarrow x} \quad (5.22)$$

$$\mathbf{v}(t) = v(t)\mathbf{u}_{\rightarrow x} \quad (5.23)$$

$$\mathbf{a}(t) = a_0 \mathbf{u}_{\rightarrow x} \quad (5.24)$$

On \vec{u}_x és el vector unitari en la direcció OX.



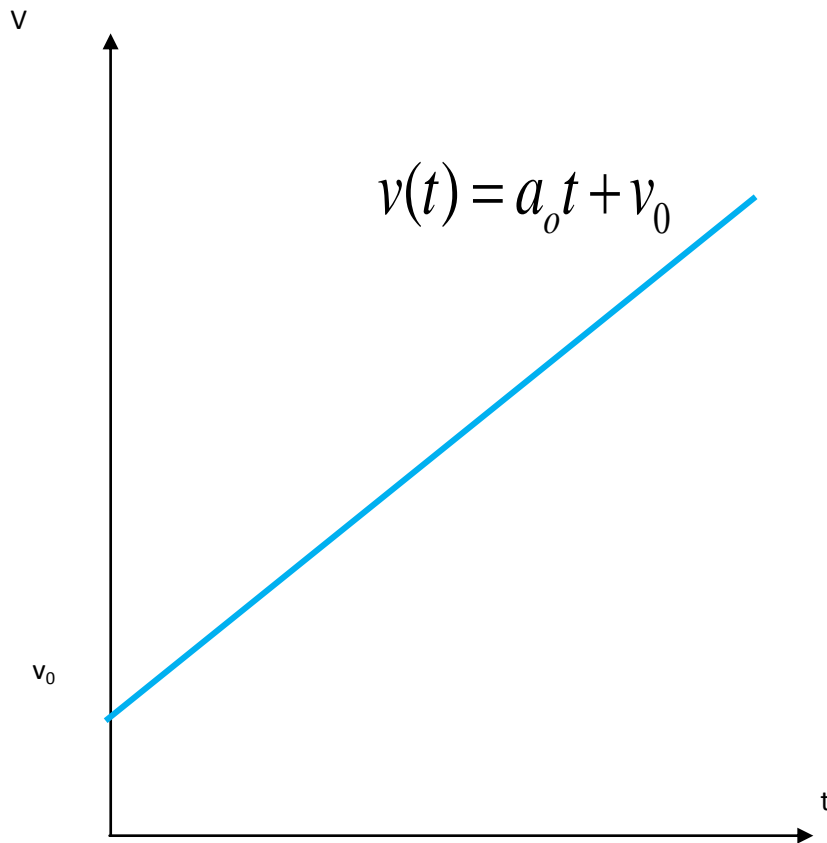
Procedint com en el cas anterior, a partir del coneixement de l'acceleració a_0 i de les condicions inicials, que en aquest cas són que en el instant $t_0 = 0$ la posició ocupada pel cos és x_0 i la seva velocitat és v_0 , com que l'acceleració és constant, serà possible determinar la posició i la velocitat del cos objecte d'estudi en un instant posterior $t > t_0$, segons la formulació:

$$\int_{v_0}^v v \, dv = \int_{t_0}^t a_0 \, dt \quad (5.25)$$

De la resolució de l'anterior equació, obtenim:

$$v(t) = a_0 t + v_0 \quad (5.26)$$

Analitzant l'equació, veiem que es tracta d'una recta en el plànol (t,v) , amb un pendent a_0 i una ordenada en l'origen v_0 :



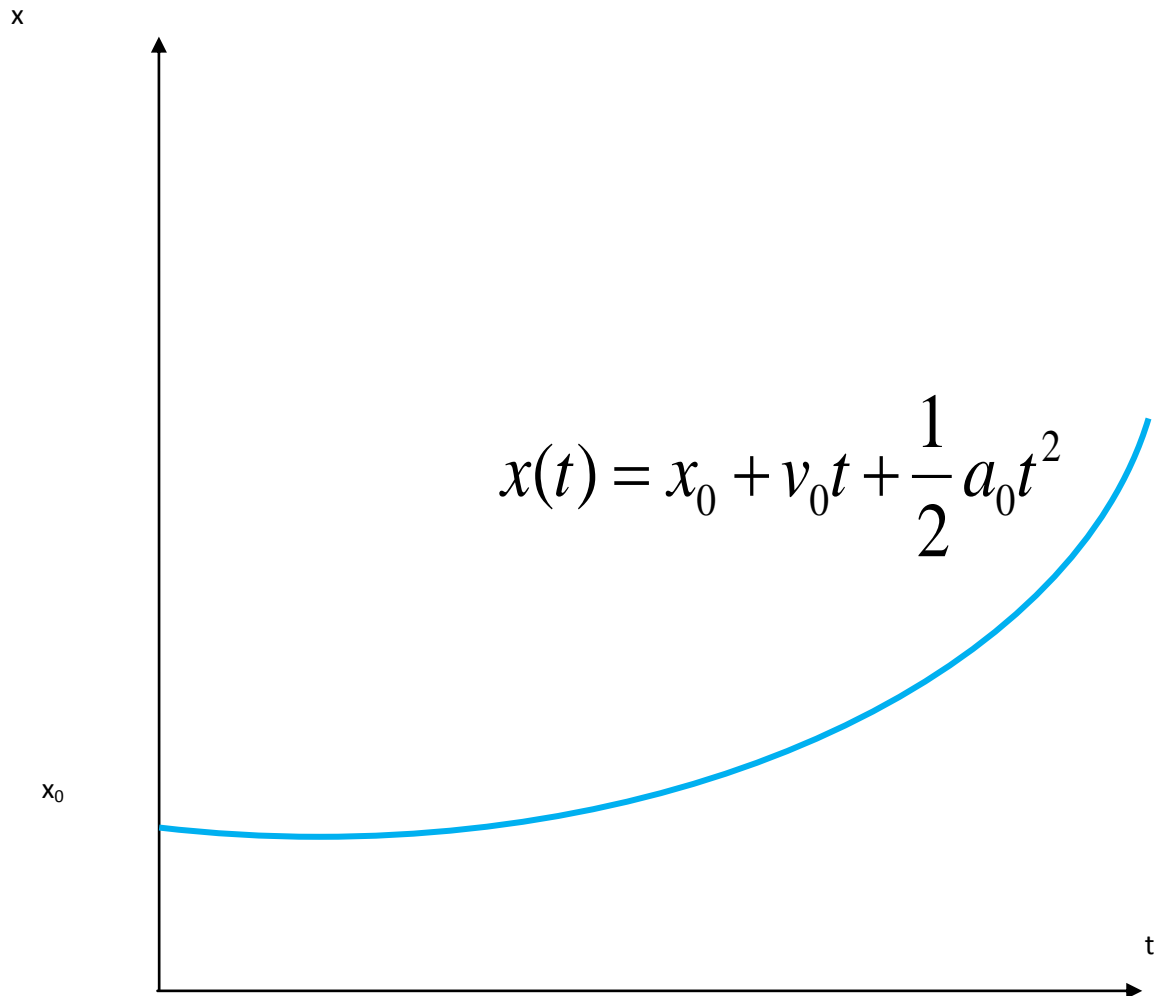
De la mateixa manera, una vegada hem obtingut l'equació que ens dona el valor de la velocitat en qualsevol instant de temps, podem obtenir la fórmula de la posició en funció del temps mitjançant la integració respecte del temps:

$$\int_{x_0}^x dx = \int_{t_0=0}^t v \cdot dt = \int_{t_0=0}^t (a_0 t + v_0) \cdot dt \quad (5.27)$$

On resulta que:

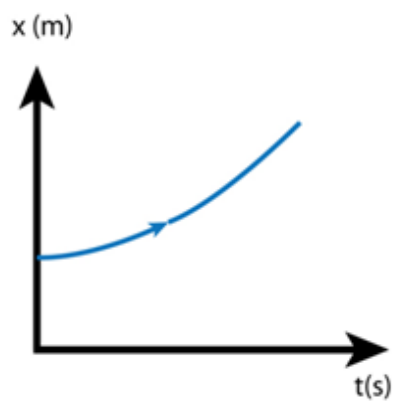
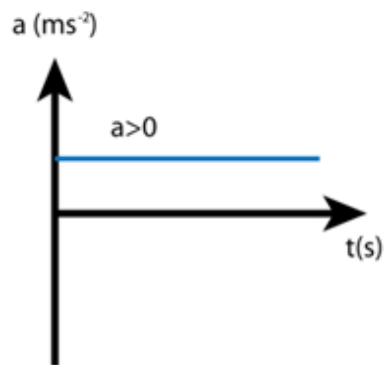
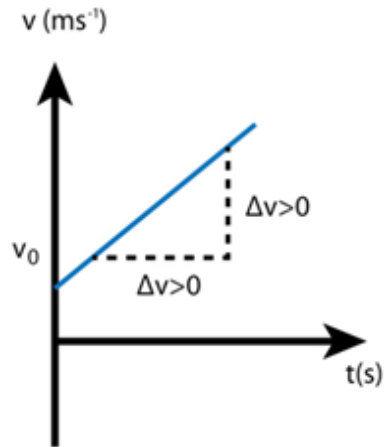
$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2 \quad (5.28)$$

Com es pot comprovar, la posició d'un cos seguint un moviment uniformement accelerat, ens dona com a resultat una paràbola:

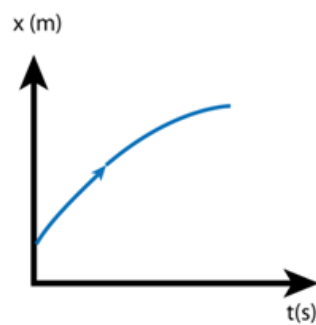
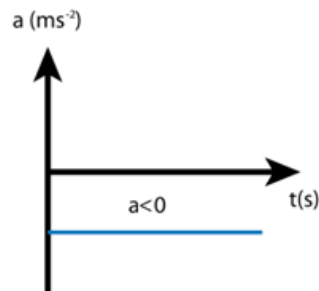
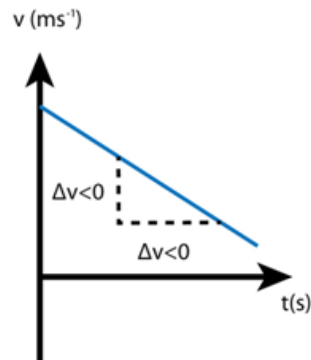


En el cas del moviment uniformement accelerat, en el qual l'acceleració és constant en el transcurs del temps, podem tenir dos casos particulars:

Moviment uniformement accelerat: Quan el valor de l'acceleració és positiu. En aquest cas, la pendent de la corba de la velocitat en funció del temps és positiva, el que representa que la velocitat creix al augmentar el temps. Per tant, la velocitat final sempre és major que la inicial.



Moviment uniformement desaccelerat: Quan el valor de l'acceleració és negatiu. En aquest cas, la pendent de la corba de la velocitat en funció del temps és negativa. Per tant, la velocitat va disminuint (la velocitat final sempre és menor que la inicial) a mesura que avança el temps, fins arribar a un valor 0. Si l'objecte desaccelera la velocitat no pot decreixer indefinidament i en un determinat moment s'anul·la (l'objecte s'atura).



Si atenem al trànsit d'una ciutat, els vehicles no sempre estan circulant a una velocitat constant. Si s'observa a un vehicle que es troba aturat davant la fase vermella d'un semàfor, al canviar la fase a verd, el vehicle va variant progressivament la velocitat a mesura que va transcorrent el temps. Llavors direm que el vehicle està accelerant.

Seguint el mateix exemple, podem observar com un vehicle que està circulant per un carrer a una determinada velocitat, i a l'observar el seu conductor com la fase del semàfor que l'afecta es troba en vermell, disminueix la velocitat fins a la detenció. Llavors direm que el vehicle està desaccelerant o frenant.

En la següent figura es representa la variació de velocitat d'un vehicle respecte al temps, conforme accelera o desaccelera durant el seu recorregut.

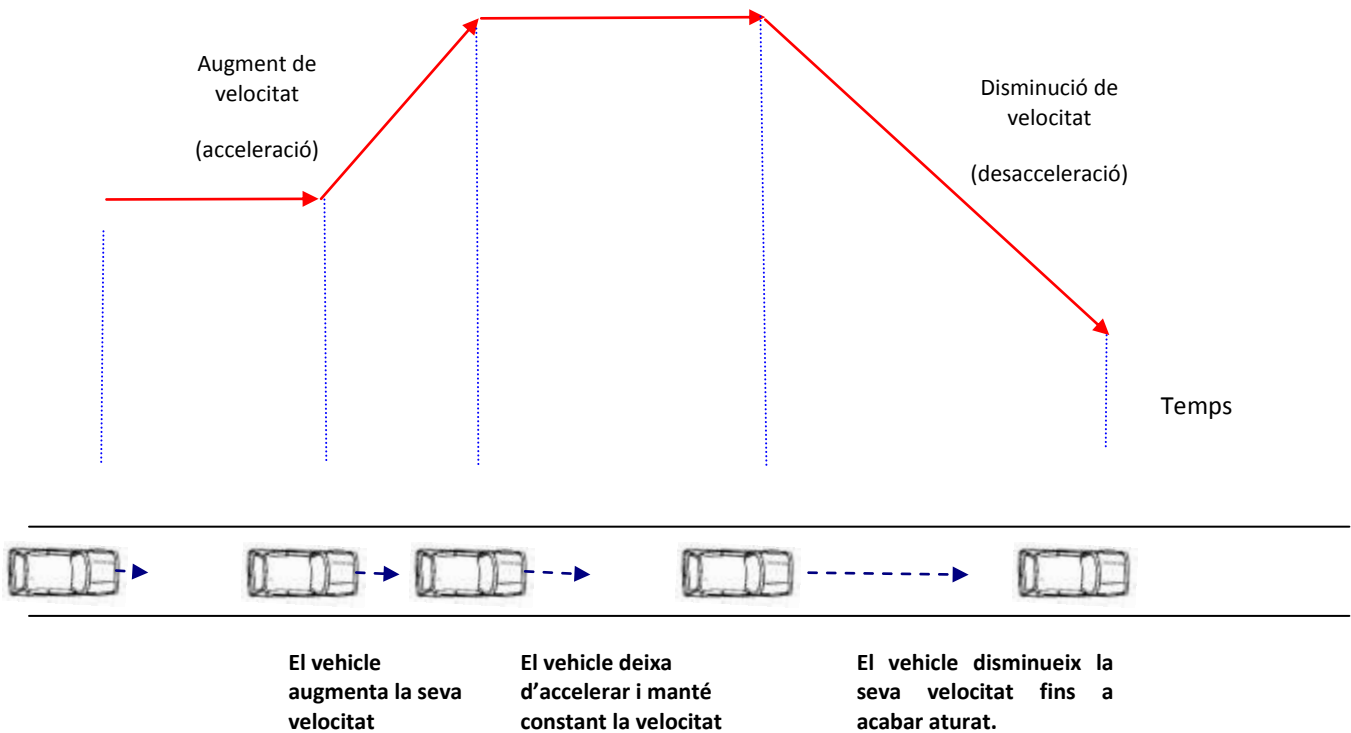


Figura 5.4 Variació de la velocitat d'un vehicle respecte al temps. Font: Elaboració pròpia.

5.3. Velocitat i detenció

5.3.1. Adherència: resistència a l'avançament i a la detenció

Cal distingir entre dos tipus de resistències que s'han de vèncer per desplaçar un vehicle dependent del bloqueig o no de les rodes, són les resistències per fregament i per rodament. Les resistències per fregament es produeixen quan existeix una oposició a la rodament, hi ha un bloqueig de les rodes i per tant per desplaçar el vehicle és necessari lliscar-ho o arrossegar-ho. Però quan les rodes no es troben bloquejades i poden girar lliurement per produir-se el moviment, hem de vèncer la resistència a la rodament.

El coeficient de fregament o coeficient de fricció per als vehicles, expressa l'oposició al lliscament que ofereixen les superfícies de dos cossos en contacte, és a dir l'oposició entre el paviment i les rodes quan es troben bloquejades. És un coeficient adimensional. Usualment es representa amb la lletra grega μ (mu). El valor del coeficient de fregament és característic de cada parell de materials en contacte. La majoria de les superfícies, àdhuc les que es consideren polides són extremadament rugoses a escala microscòpica. Quan dues superfícies són posades en contacte, el moviment d'una respecte a l'altra genera forces tangencials anomenades forces de fricció, les quals tenen sentit contrari al moviment, la magnitud d'aquesta força depèn del coeficient de fregament dinàmic.

Existeixen dos tipus de fregament o fricció: Fregament Estàtic i Fregament Dinàmic. El primer és la resistència que s'ha de superar per posar en moviment un vehicle pel que fa al paviment al que es troba en contacte. El segon, és la resistència, de magnitud considerada constant, que s'oposa al moviment però una vegada que aquest ja va començar. En resum, la qual cosa diferencia a un frec amb l'altre, és que l'estàtic actua quan els vehicles estan en repòs relatiu mentre que el dinàmic ho fa quan ja estan en moviment.

Amb els coeficients de fregament, s'estableix la força de fregament. Es defineix com a força de fregament o força de fricció, per força entre dues superfícies en contacte, a aquella que s'oposa al moviment entre ambdues superfícies (força de fregament dinàmica) o per força que s'oposa a l' inici del lliscament (força de fregament estàtica).

Per tant, la força resultant es compon de la força normal N (perpendicular a les superfícies en contacte) i de la força de fregament F , paral·lela a les superfícies en contacte.

La força de fregament estàtica, necessària per vèncer la fricció homòloga, és sempre menor o igual al coeficient de fregament entre els dos objectes (nombre mesurat empíricament i que es troba tabulat) multiplicat per la força normal:

$$F = F_r = \mu_e mg \quad (5.29)$$

La força de fregament dinàmica, en canvi, és igual al coeficient de fregament dinàmic, denotat per la lletra grega μ_d , per la normal en tot instant.

$$P = N = mg \quad (5.30)$$

$$F_r = \mu_d N \quad (5.31)$$

És important distingir entre el coeficient de fregament dinàmic μ_d i el coeficient de fregament estàtic μ_e , on sempre es compleix que:

$$F_r = \mu_d N \quad (5.32)$$

El concepte de coeficient de rodament és similar al de coeficient de fregament, amb la diferència que aquest últim fa al·lusió a dues superfícies que llisquen o rellisquen una sobre una altra, mentre que en el coeficient de rodament no existeix tal lliscament entre la roda i la superfície sobre la qual roda, disminuint per regla general la resistència al moviment.

La resistència a la rodament es produeix pel desplaçament del vehicle. S'oposa per força d'embranchada i el seu valor depèn de la massa del vehicle, de la geometria d'adreça, del tipus, perfil i pressió d'inflat dels pneumàtics, de la velocitat de marxa, estat de la carretera i de la superfície de la mateixa. Es calcula multiplicant el pes que recau sobre cada roda pel coeficient de resistència a la rodament que és un valor que depèn del material i dels factors ambientals.

El coeficient de rodament té un valor molt inferior al dels coeficients de fregament per lliscament (estàtic i dinàmic). Així doncs, és molt més convenient, a aquest efecte de disminuir les pèrdues energètiques, substituir en els mecanismes i màquines els lliscaments per les rodaments; aquesta és l'avantatge que va aportar l' invent de la roda, l'avantatge del carro sobre el trineu.

Adherència en base a la interacció entre rodament i fregament.

Els coeficients estàtics són majors que els dinàmics, el coeficient de fregament és major que el coeficient de rodament. Amb el que es necessita una major energia per desplaçar un vehicle que es troba aturat i amb les rodes bloquejades, que un vehicle les rodes del qual no es troben bloquejades.

(5.33)

$$**C_{fregament} = C_{rodament}**$$

En un impacte entre vehicles, el vehicle que impacta porta una energia que la transmet a l'altre vehicle, podent provocar un desplaçament d'aquest últim. La distància que es desplaçarà el vehicle és diferent si les seves rodes es troben bloquejades o no.

Si les rodes es trobin bloquejades haurà de superar l'energia de fregament per desplaçar-se, i si les rodes no es troben bloquejades haurà de superar l'energia de rodament.

$$**E_{fregament} = \mu_r \cdot m \cdot g \cdot x_1**$$

(5.34)

$$**E_{rodament} = \mu_{rr} \cdot m \cdot g \cdot x_2**$$

(5.35)

On:

- μ_r : Coeficient de fregament (0,4 – 0,6)
- μ_{rr} : Coeficient de rodament (0,02 – 0,04)
- m: Massa del vehicle
- g: Gravetat (9.81 m/s²)

- x_1 : Distància recorreguda con frens activats
- x_2 : Distància recorreguda sense frens activats

Per tant, amb la mateixa energia d'impacte, un vehicle sense els frens activats es desplaça una distància 16,6 vegades major que si es troba amb els frens activats i les rodes bloquejades.

5.3.2. Distància de frenada

La distància de frenada és la que necessita un vehicle des que el seu conductor percep un risc i acciona el sistema de frenada fins que el vehicle s'arriba a aturar totalment. El comportament d'un vehicle frenant amb les rodes bloquejades s'aproxima a un model de desacceleració uniforme.

El procés de frenada es troba limitat per l'adherència paviment–pneumàtic havent d'evitar en tot cas el bloqueig de les rodes que suposen que les mateixes sense girar es desplacin longitudinalment a velocitat no nul·la, disminuint la força de frenada que actua i deteriorant els pneumàtics produint el que es coneix com a plans en els mateixos a causa de la fricció plana amb la calçada induint un desgast clarament irregular i per tant, un comportament dinàmic inestable.



Figura 5.5 Vehicle desaccelerant amb les rodes bloquejades. Font: "Autobild".

Tenint en compte que la frenada és un moviment desaccelerat, la relació que hi ha entre la velocitat a la qual circula el vehicle abans d'iniciar la frenada i la distància recorreguda durant la desacceleració fins a la total detenció, es pot determinar mitjançant:

A partir de les equacions generals del moviment uniformement desaccelerat:

$$v(t) = v_0 - a \cdot t \quad (5.36)$$

$$x(t) = x_0 + v_0 t - 1/2 a_0 t^2 \quad (5.37)$$

Es dedueix que per a una velocitat final $v(t)=0$, la relació entre la velocitat inicial i l'espai recorregut durant la fase de frenada pròpiament dita és:

$$d_f = x(t) - x_0 = (v_0^2)/2d = (v_0^2)/2\mu d \quad (5.38)$$

És a dir, l'espai de frenada depèn de la velocitat del vehicle i del coeficient d'adherència entre els pneumàtics i el paviment.

Així doncs, la distància total de frenada es pot expressar per:

$$d_t = d_r + d_f = v_0 t_r + (v_0^2)/2\mu d \quad (5.39)$$

5.3.3. Distància de reacció

Quan un conductor percep una situació de risc davant la qual ha de desenvolupar algun tipus de maniobra evasiva, aquesta no es realitza immediatament degut al fet que el conductor necessita d'un període de temps per analitzar la situació i actuar.

Aquest interval es denomina temps de reacció, i és el període de temps des que el conductor percep i analitza la situació, fins a que decideix efectuar una acció i la fa efectiva (TERMCAT, 2013). Vegeu més endavant el capítol 7.

El temps de reacció no és igual per a totes les persones i entorns, sinó que depèn principalment de l'edat i de les condicions de conducció.

La distància de reacció és la recorreguda durant el temps que el conductor necessita per a reaccionar davant la situació de risc. Tenint en compte que en aquest període de temps el conductor està interpretant i analitzant la situació, aquesta distància és recorreguda a velocitat constant, sense que el conductor modifiqui la velocitat del vehicle degut al fet que encara no ha accionat el mecanisme de frenada del vehicle.

5.3.4. Distància de detenció

Es defineix la distància de detenció com aquella que recorre un vehicle des que el seu conductor percep una situació de risc fins que arriba a detenir totalment el vehicle. Per tant, aquesta distància de detenció està en funció de la velocitat a la qual inicialment circulava el vehicle i del temps que el seu conductor triga a reaccionar davant del risc.

L'espai necessari per a detenir un vehicle és la suma de les següents distàncies:

La distància recorreguda durant el temps de reacció del conductor: Des de que el conductor percep el risc i analitza la situació, fins que decideix accionar el sistema de frenada del vehicle, passa un interval de temps que és el temps de reacció. Com durant aquest període de temps el conductor no frena, el vehicle circula a una velocitat constant, que és la dada inicialment.

La distància recorreguda durant la frenada: És la que recorre el vehicle des que els frens actuen fins a que aconseguen detenir completament el vehicle.

Quant major és la velocitat de circulació, augmenta la distància necessària per a detenir un vehicle o reduir la seva velocitat.

Per tant, a mesura que augmenta la velocitat, augmenta la distància necessària per a frenar i detenir completament el vehicle.

5.3.5. Distància de detenció en funció dels pneumàtics i del paviment

Tal i com s'ha esmentat, la distància de detenció depèn quadràticament de la velocitat de circulació. Però també depèn de la tipologia del contacte que hi ha entre els neumàtics del vehicle i la superfície sobre la que circula.

L'adherència dels pneumàtics depèn de la força de fricció, que està en funció lineal amb coeficient de fregament entre el pneumàtic i el paviment.

Cal esmentar que la dada més important sobre el paviment és la seva resistència al lliscament (o coeficient de fregament), tant longitudinal com transversal. Aquesta dada es pot extreure mitjançant una prova de lliscament en condicions reals, si bé no és un fet usual, de manera que per determinar aquest coeficient s'haurà de dur a terme una aproximació de la resistència observant la textura del paviment, la humitat i la presència d'elements que puguin fer disminuir el coeficient de fregament (Servei Català de Trànsit, 2000).

El coeficient de fregament pneumàtic–superfície variarà doncs segons el tipus de ferm i l'estat d'aquest (sec–mullat). En la taula a continuació es poden observar els coeficients de fricció sobre diferents superfícies:

Taula 5.1 Rang de variació del coeficient de resistència al lliscament per a diferents superfícies.
Font: “La reconstrucció de l’accident de trànsit”. Servei Català de Trànsit.

SUPERFÍCIE	Sec				Mullat			
	Menys 50 km/h		Més 50 km/h		Menys 50 km/h		Més 50 km/h	
	De	A	De	A	De	A	De	A
Formigó								
Nou	0.80	1.20	0.70	0.85	0.50	0.80	0.40	0.75
Usat	0.60	0.80	0.60	0.75	0.45	0.70	0.40	0.65
Polít	0.55	0.75	0.50	0.65	0.45	0.65	0.35	0.60
Barreja asfàltica								
Nova	0.80	1.20	0.65	0.95	0.50	0.80	0.45	0.75
Usada	0.60	0.80	0.55	0.70	0.45	0.70	0.40	0.65
Pòlida	0.55	0.75	0.45	0.65	0.45	0.65	0.40	0.60
Amb excés d’asfalt	0.50	0.60	0.35	0.60	0.30	0.60	0.25	0.55

Podem comprovar que el coeficient de fregament, i en conseqüència el grau d’adherència, varien substancialment. Alhora, es pot comprovar que el coeficient de fregament i en conseqüència l’adherència, es veu reduïda d’una manera substancial en circular per una superfície mullada.

En cas de frenada intensa el vehicle en moviment porta una energia que ha de dissipar durant la distància de frenada. La distància que es desplaçarà el vehicle és diferent si les seves rodes es troben bloquejades o no.

La diferència de distàncies de frenada en funció de la mateixa energia depèn de la superfície sobre la que es circula, específicament dels següents coeficients de fregament i rodament:

La resistència al rodament s’obté multiplicant el pes del vehicle pel valor del coeficient del sòl pel que es circula.

Si les rodes es trobin bloquejades la dissipació es farà en energia de fregament durant el desplaçament, i si les rodes no es troben bloquejades haurà de dissipar l’energia de rodament, tal com apareix representat a les fórmules 5.34 i 5.35.

Mentre un vehicle circula en trajectòria recta, els punts de contacte amb el paviment (rodes) tenen una direcció privilegiada de moviment. Però quan aquesta direcció varia, per exemple al traçar una corba, les condicions de lligament físic entre les rodes i el paviment canvien, i

les condicions de direccionalitat privilegiada desapareixen, és a dir que la resistència a l'avanç així com les condicions d'adherència del vehicle tant de forma longitudinal com a transversal passen a ser de naturalesa diferent.

La variació del centre de masses en traçar una corba provoca que el pes del vehicle es desplaci cap al costat exterior de la corba, provocant una deformació del pneumàtic que fa que tingui una major superfície de contacte i en conseqüència una major adherència facilitant l'atenuació dels efectes de l'embranchida de la Força Centrífuga. El fet que el vehicle no es desplaci cap a l'exterior de la corba es deu al fet que s'estableix un equilibri entre la Força Centrífuga i la component transversal de la força de fricció entre la roda i el paviment.

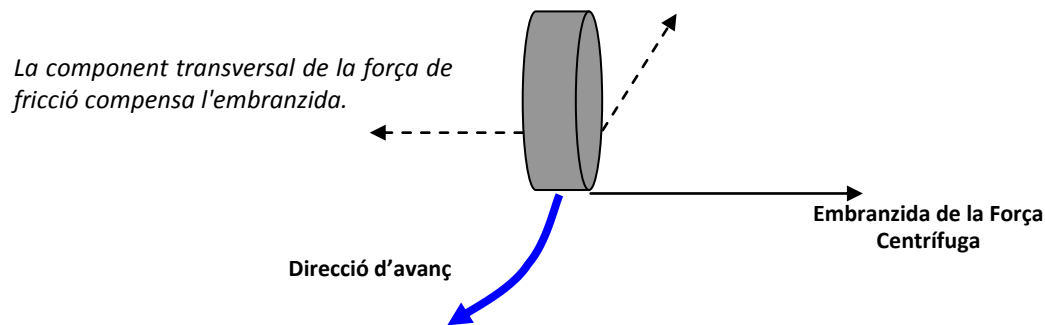


Figura 5.7 Equilibri entre Força Centrífuga i component transversal. Font: Elaboració pròpia.

L'equilibri del vehicle i el control efectiu del conductor sobre aquest depèn que l'efecte del desplaçament de la Força Centrífuga quedi compensat per l'efecte de la Força de Fregament. En física, aquesta condició d'equilibri s'expressa de la següent manera:

$$\sum \mathbf{F}_i = \mathbf{0} \rightarrow (\mathbf{F}_c - \mathbf{F}_r = \mathbf{0}) \quad (5.40)$$

Si la Força Centrífuga predomina sobre la força de fregament, la diferència entre ambdues és diferent de zero i per tant:

$$\mathbf{F}_c > \mathbf{F}_r$$

L'embranchida de la Força Centrífuga és superior a l'efecte de la Força de Fricció

En aquest cas, i segons la lleis de la dinàmica, es genera una acceleració en la direcció de l'embranchida de la Força Centrífuga que ve donada per:

$$\mathbf{a} = (\mathbf{F}_c - \mathbf{F}_r) / (m (\mathbf{vehicle})) \quad (5.41)$$

Si aquest fet es produeix en unes condicions d'adherència reduïdes, l'acceleració serà major, provocant que el vehicle es desplaci en la direcció de l'empenta de la Força Centrífuga (cap al costat contrari de la direcció de gir), sense que aquest desplaçament pugui ser contrarestat.

En reduir-se el coeficient de fregament, també ho fa la força de fricció i per tant s'anul·len els efectes de compensació en el gir, per la qual cosa en el moment de traçar el tram corbat, el vehicle experimentarà una acceleració lateral deguda a la Força Centrífuga.

L'acceleració deguda a la Força Centrífuga provoca un desplaçament en la direcció de la seva empenta.

$$\mathbf{a} = \mathbf{F}_c / (m (\mathbf{vehicle})) \quad (5.42)$$

En el moment que el coeficient de fricció pràcticament queda anul·lat, la força de fricció es redueix augmentant la velocitat transversal.

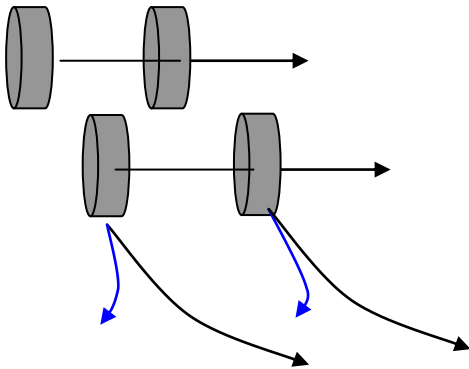


Figura 5.8 Efectes de la fricció en els pneumàtics. Font: Elaboració pròpia.

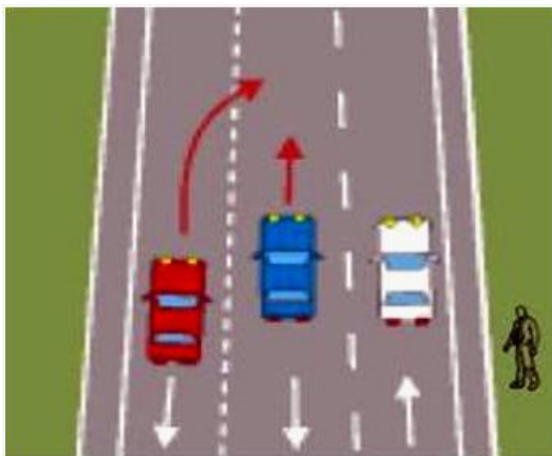
Al reduir-se els efectes de la fricció el vehicle només experimenta l'empenta de la Força Centrífuga, motiu pel qual es desplaça cap al costat contrari a la direcció de gir.

Com a exemple, un pneumàtic desgastat rodant sobre un ferm poc abrasiu en condicions estables de funcionament (més de 30 minuts rodant) ofereix, aproximadament, només un 33% de la resistència al lliscament que presentaria un pneumàtic nou sobre ferm rugós i al començament de la marxa.

5.4. Concepte de velocitat relativa

5.4.1. Velocitat relativa i percepció

La velocitat és sempre relativa respecte a un sistema de referència determinat (León, 2013). La velocitat és un concepte relatiu que fa que la seva percepció estigui en relació a la velocitat de la resta d'elements que ens envolten. Quan es viatja dins d'un vehicle, no es té sensació de velocitat, per tant des del punt de vista dels ocupants del vehicle són els altres vehicles els que es mouen.



La velocitat de circulació dels vehicles depèn de l'observador que la mesuri.

Una persona situada en el marge de la via, veu passar el vehicle blanc a 50 km/h, el blau a 60 km/h i el vermell a 90 km/h.

Mentre que el conductor del vehicle blanc, veu com el vehicle blau es mou a 10 km/h i el vermell a 40 km/h, respecte a ell.

Figura 5.9 Exemple de percepció de velocitat relativa. Font: Elaboració pròpia.

Com es mostra en la figura anterior, si el vehicle blanc circula a 50 km/h, i està sent avançat pel vehicle blau a 60 km/h.; el vehicle blau està circulant 10 km/h més ràpid que el vehicle blanc. És a dir, la velocitat relativa entre vehicles és de 10 km/h; i per tant el conductor del vehicle blanc veu que està sent avançat a 10 km/h.

En el mateix instant el vehicle vermell que circula a 90 km/h avança als turismes anteriors. Llavors, segons el conductor del vehicle blanc, el turisme vermell circula a $90 \text{ km/h} - 50 \text{ km/h} = 40 \text{ km/h}$ respecte ell; mentre que el conductor del vehicle blau veu com l'avança el turisme vermell a $90 \text{ km/h} - 60 \text{ km/h} = 30 \text{ km/h}$.

Prenent com a exemple un vehicle que circula a una certa velocitat. Un ocupant dins del vehicle tindrà una velocitat de 0 km/h respecte de nosaltres si també estem dins del vehicle, ja que ens estarem movent solidàriament amb el vehicle.

Així doncs, en ser l'acció una característica essencial del món animal, la percepció del moviment propi, el d'altres animals o objectes mòbils (naturals o artificials) adquireix un valor crític en la supervivència, conservació i adaptació de les espècies.

Una de les qüestions rellevants plantejades en el camp de la percepció del moviment, tracta de diferenciar entre el propi moviment del cos i el d'altres moviments aliens a ell. També va ser cobrant importància, des del seu inicial plantejament per Wertheimer en 1912, la distinció entre el moviment real i l'aparent (UB, 2009).

Des de la postura del Realisme radical, es considera que el moviment de l'observador es troba inseparablement lligat (correlacionat) a uns determinats patrons de flux en la disposició òptica i que cada patró del flux, en l'ordre òptic, és específic per a cada tipus de moviment. En un treball, publicat per James Jerome Gibson en 1950, descriu el flux òptic, a partir de les observacions d'una sèrie de filmacions realitzades en situar una càmera en el morro d'un avió (Gibson, 1950).

La sensació de velocitat tendeix a reduir-se amb l'exposició continuada al flux, és a dir, que en sortir d'una autopista tendim a infravalorar la velocitat (Denton, 1971). Pel que manipulant les característiques de l'estimulació a les quals està sotmès el conductor és possible incrementar o disminuir la sensació de velocitat d'aquest.

Quan es viatja dins d'un vehicle, es té la sensació que són els altres els que es mouen. És a dir, la velocitat és un concepte relatiu que depèn de l'observador, de la persona que la mesuri. Però, si en comptes d'estar dins del vehicle hom es col·loca a l'exterior i veu passar el vehicle a una certa velocitat, la persona que està dins viatjarà a aquesta velocitat respecte la de l'observador. Quan hom es situa a l'exterior del vehicle, els objectes que no es mouen, com per exemple un arbre, també estaran quietes respecte visió observador. En canvi, si es veuen els vehicles circular a una certa velocitat, els objectes i persones que estiguin dins també viatjaran a aquesta velocitat (Figura 5.10).



Figura 5.10 Percepció de la velocitat de dos vehicles d'un vianant. Font: Elaboració pròpia

La conclusió de l'exemple anterior és que la velocitat depèn de l'observador que la mesuri. Per tant, és una magnitud relativa a la posició de les persones.

5.4.2. Avançaments i encalçaments

Per a efectuar un avançament, el vehicle que avança necessàriament ha de circular a una velocitat més elevada que el vehicle que és avançat.

La maniobra d'avançament consta de quatre fases:

- **Moment previ:** Abans d'iniciar la maniobra, el conductor del vehicle que pretén efectuar-la s'ha de cerciorar convenientment que el carril del sentit contrari (el que pretén envair per realitzar l'avançament), està lliure de trànsit, així com que disposa de suficient espai i temps com per completar la maniobra sense posar en risc la seguretat dels altres usuaris de la via.
- **Inici de la maniobra:** Quan decideix iniciar la maniobra, a més d'indicar-la amb la intermitència, el conductor gira lleument el volant del vehicle, variant progressivament la seva trajectòria cap a l'esquerra fins a ocupar el carril del sentit contrari.

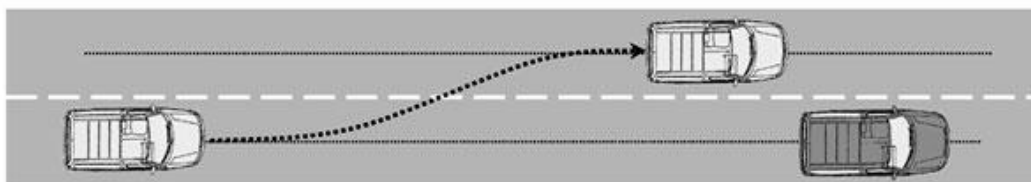


Figura 5.12 Inici de la maniobra d'avançament. Font: AON Prevenció vial.

Circulació pel carril situat a l'esquerra del vehicle que és avançat: En completar el canvi de carril, el vehicle que avança se situa en forma paral·lela al carril situat a l'esquerra del vehicle que és avançat.

La maniobra d'avançament sol efectuar-se a velocitats elevades, necessàriament superiors a la velocitat a la qual circula el vehicle que és avançat. Aquest fet provoca que el canvi de carril al inici de la maniobra d'avançament, hagi d'efectuar-se d'una forma suau i progressiva, ja que en cas contrari l'elevada velocitat unit a un brusc gir podria provocar una pèrdua de control del vehicle que podria implicar un derrapatge o fins i tot arribar a provocar una bolcada.

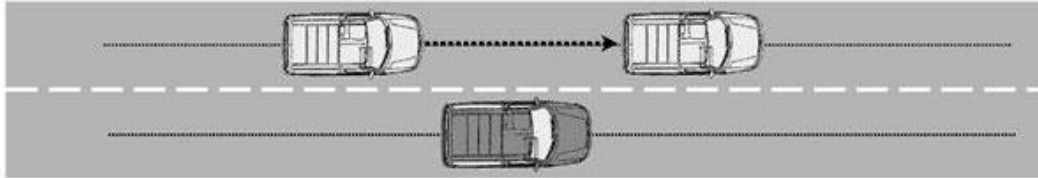
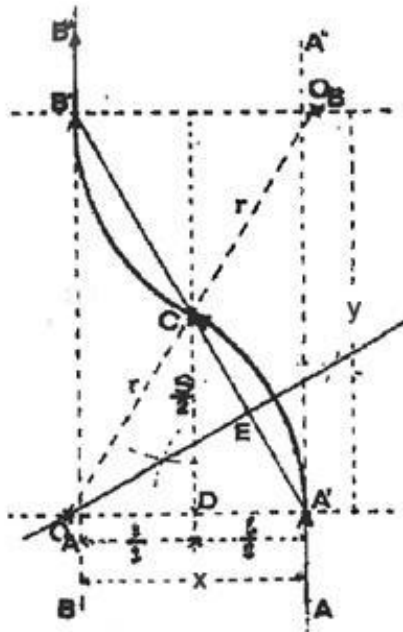


Figura 5.13 Circulació paral·lela al avançat. Font: AON Prevenció vial.

Cal fer esment a la distància necessària per a poder realitzar convenientment aquest desplaçament lateral, la qual ve donada per la següent expressió.:

$$y_{\text{longitudinal}} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot x \cdot v^2}{g \cdot \mu} - x^2\right)} \quad (5.43)$$



On la distància longitudinal (y) necessària per a realitzar el desplaçament lateral (x), està en funció de la velocitat de circulació (v), l'acceleració de la gravetat (g) i el coeficient de fregament transversal (μ).

Tornada al carril inicial: Una vegada s'ha completat la maniobra, el vehicle que avança gira lleugerament el volant cap a la dreta per retornar al carril pel qual circulava inicialment.

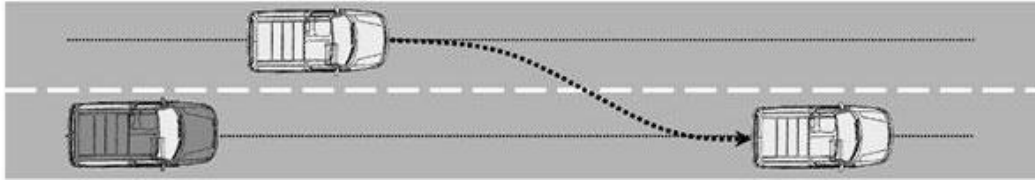


Figura 5.14 Tornada al carril inicial. Font: AON Prevenció vial.

5.5. Velocitat i capacitat de maniobrar

5.5.1. Maniobrabilitat i traçat

Quin és l'efecte d'un canvi de les característiques de direcció d'un vehicle en una maniobra evasiva en circumstàncies de grans forces d'acceleració? Les grans forces d'acceleració exerceixen en les característiques de control d'un vehicle un efecte decisiu i determinant que poc sovint s'acostuma a percebre. De manera que els hàbits de dirigir un volant, apropiats a les característiques acostumades de direcció del vehicle, ja no permetran dominar-lo (Irwin, 1964).

Podem entendre la maniobrabilitat d'un vehicle com la capacitat d'aquest per a girar. En aquest sentit, al efectuar una maniobra de gir, el vehicle traçarà un recorregut amb una certa curvatura.

Quan un cos realitza qualsevol moviment en traçat corbat, experimenta l'efecte d'una acceleració, és a dir, s'inicia un moviment accelerat, donat per l'aparició d'una força radial. La força dirigida cap al centre de la curvatura, s'anomena *centrípeta*. En un moviment circular uniforme, el vector acceleració està dirigit cap al centre de la circumferència, tenint com a mòdul:

$$a = v^2/r \quad (5.44)$$

En la següent figura es mostren les components del vector velocitat i de l'acceleració en un moviment uniforme circular:

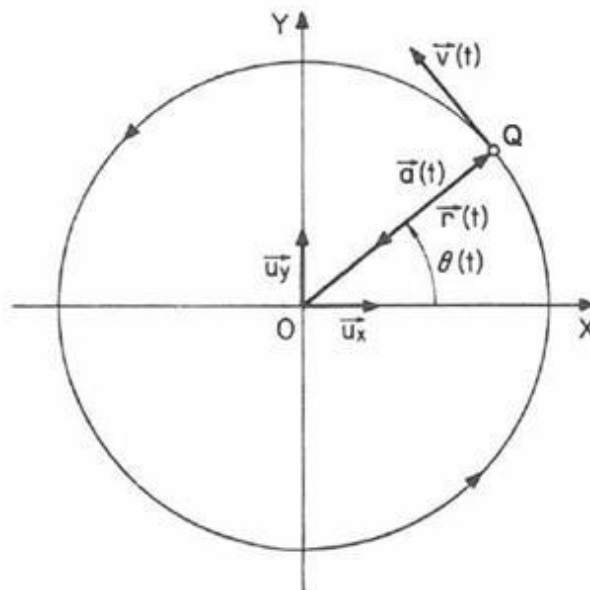


Figura 5.15 Components en moviment uniforme circular. Font: Lorente, J.L. 1990 "Física Tomo I".

El pas d'un tram recte a un tram circular no es pot fer de cop car això significaria passar súbitament d'una acceleració centrífuga nul·la a una acceleració centrífuga, a_c , determinada. Cal, per tant, una corba de transició que augmenti gradualment l'acceleració centrífuga a mesura que el radi de curvatura va disminuint des de ∞ a R_0 . Aquesta corba es coneix com a clotoide o espiral de Cornu.

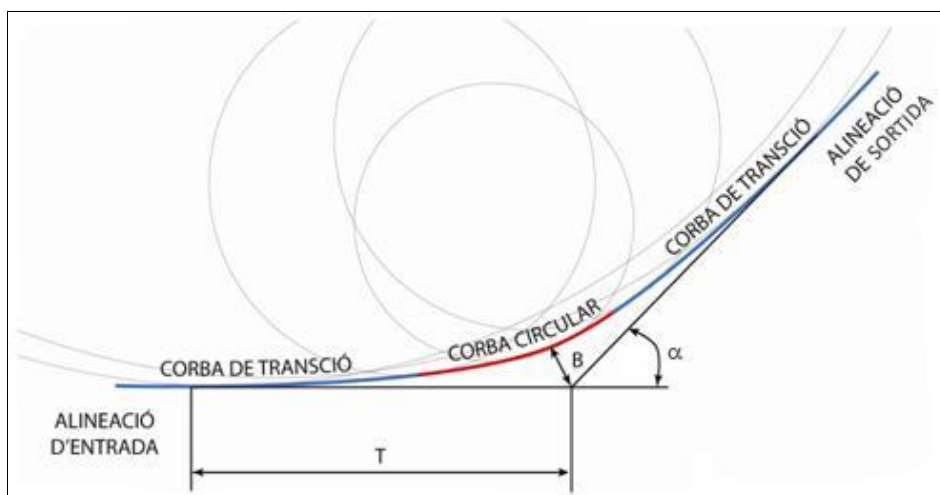


Figura 5.16 Espiral de Cornu o Clotoide. Font: Norma 3.1-IC Traçat, de la Instrucció de Carretera editada pel Ministeri de Foment.

La corba de transició contínua entre el tram recte i la corba circular té la particularitat que si es recorre a velocitat constant i es combina amb una variació lineal del peralt, s'obté una variació de l'acceleració centrífuga constant i la trajectòria equival al gir d'un vehicle amb una velocitat angular constant.

En aquest sentit, segons determina la Norma 3.1-IC Traçat, de la Instrucció de Carretera editada pel Ministeri de Foment, en el seu apartat 4.4.3.1, la longitud mínima de la corba de transició (clotoide) garanteix que la variació de l'acceleració centrífuga no compensada pel peralt s'haurà de limitar a un valor acceptable en vista de la comoditat.

Analitzant la dinàmica que actua sobre un vehicle que traça un tram corbat, observem que les forces que intervenen són, bàsicament, el pes, la força normal de la superfície (com a reacció a la força exercida pel pes) i la força de fregament (que és la que fa avançar al vehicle). La segona llei de Newton estableix que el mòdul de l'acceleració que pateix un cos està en funció del mòdul de la força neta que actua sobre ell, és a dir:

$$\Sigma \mathbf{F}_{neta} = m \cdot \mathbf{a} \quad (5.45)$$

Aplicant la segona llei de Newton per al moviment d'un vehicle que traça una corba, considerant que no pateix cap desplaçament en la direcció radial de la curvatura, s'obté la relació existent entre el radi de gir i la velocitat de circulació del vehicle:

$$r = v^2 / (\mu \cdot g) \quad (5.46)$$

On r és el radi màxim de gir circulant a una certa velocitat sent la maniobrabilitat inversa al radi de gir.

Quant més elevada és la velocitat de circulació d'un vehicle, més ampli ha de ser el radi de gir. I per tant, menys maniobrabilitat, donat que la corba ha de ser més ampla. Aquest és el motiu pel qual a mesura que augmenta la velocitat de circulació, més gran és la dificultat que té el conductor del vehicle per a girar o variar el sentit de la marxa. Per tant es redueix el marge que té el conductor per efectuar maniobres davant d'una situació de risc.

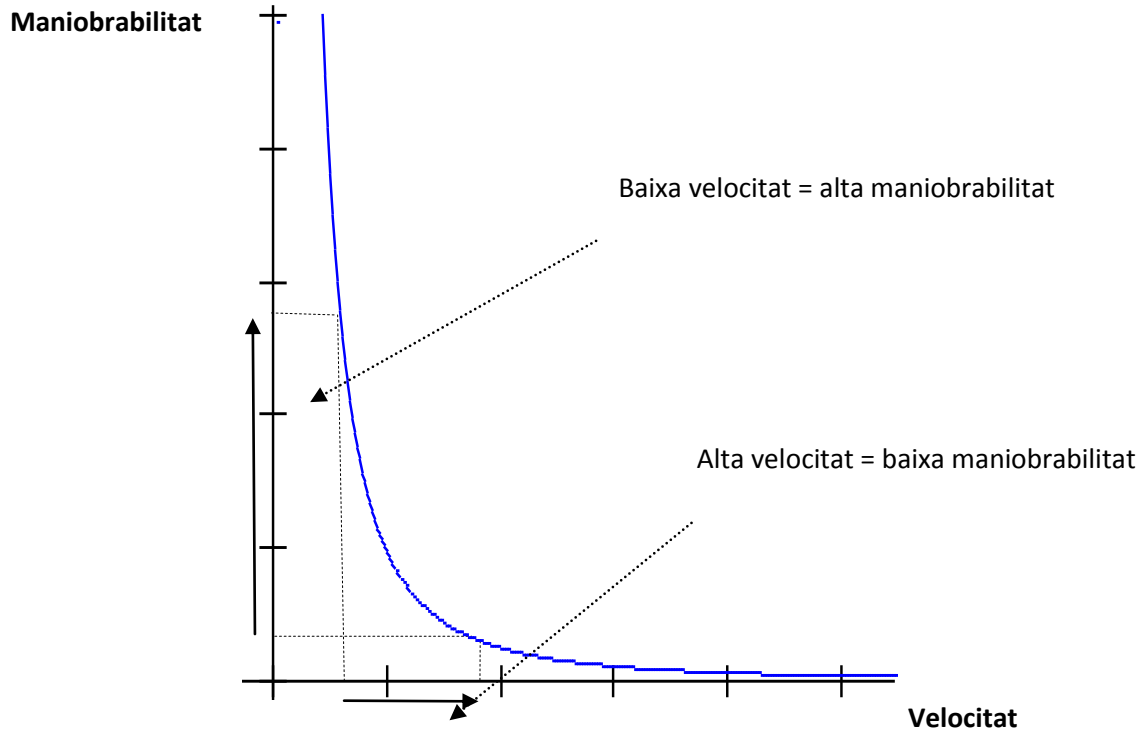


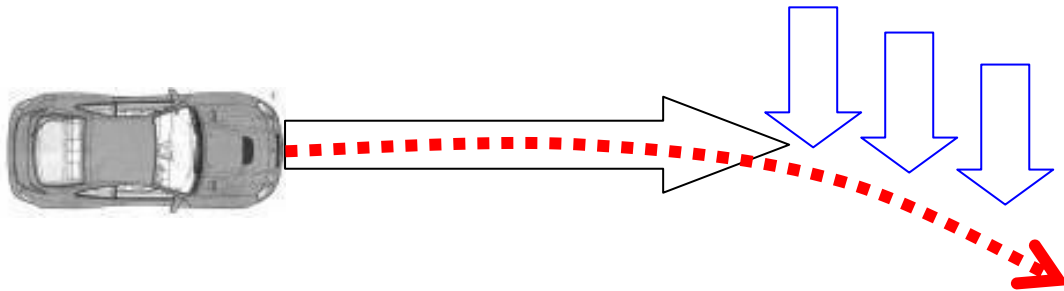
Figura 5.17 Gràfic de Maniobrabilitat. Font: Elaboració pròpia.

Quant més de pressa circuli un vehicle, necessitarà una distància més gran per girar o canviar de trajectòria, degut a que quant més gran és la velocitat, la inèrcia en el sentit portat és més gran i es necessita d'una força lateral superior per alterar la trajectòria del vehicle.

VEHICLE 1 :

ALTA VELOCITAT, BAIXA MANIOBRABILITAT

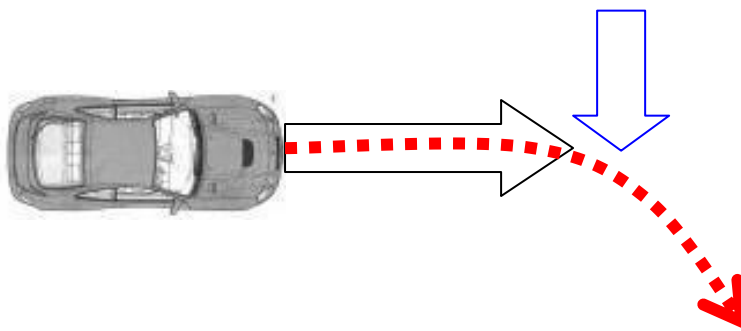
Al circular a velocitat elevada s'ha de aplicar una força lateral elevada i perllongada per variar la trajectòria.



VEHICLE 2:

BAIXA VELOCITAT ALTA MANIOBRABILITAT

Al circular a baixa velocitat s'ha de aplicar una força lateral reduïda per variar la trajectòria.



Al circular a més velocitat, el conductor del vehicle 1 necessita més distància que el del vehicle 2 per a efectuar el gir, a causa de la dificultat que suposa circular a velocitat elevada i canviar la direcció a la vegada.

El vehicle 2 pot efectuar el gir abans pel fet que les condicions de resistència dinàmica entre els pneumàtics del vehicle i el paviment són menors que les del vehicle 1.

Els conceptes anteriorment descrits s'expliquen per l'existència de les forces inercials. L'efecte d'aquestes forces, no és degut a l'acció d'un agent extern (algú o quelcom que empeny al vehicle) si no a l'anomenada inèrcia d'un objecte.

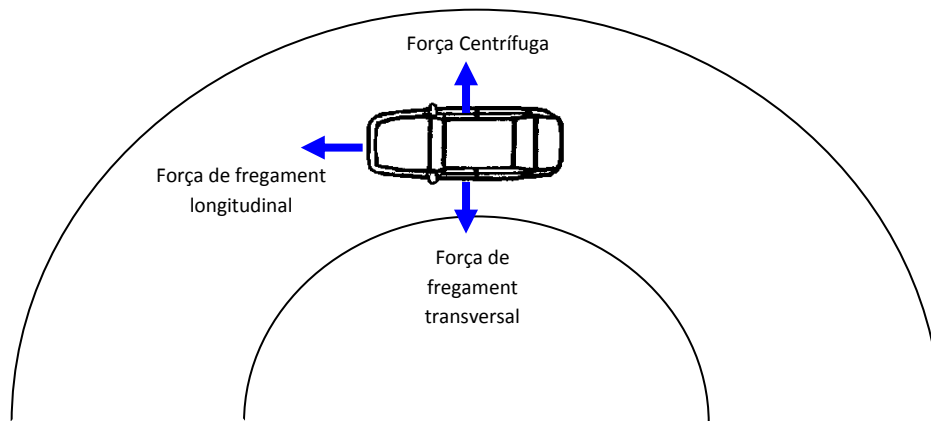
D'aquestes forces inercials la més comuna, és l'anomenada Força Centrífuga. L'efecte de les forces inercials i en particular el de la Força Centrífuga, queda evidenciat principalment en els cossos que es troben en trajectòria de gir o en rotació. Aquesta també s'observa d'una manera molt evident en els cossos que tracen trajectòries corbes, ja que en comptes de traçar la trajectòria d'una manera òptima, semblen patir un desplaçament cap a l'exterior de la seva trajectòria.

Un vehicle sotmès a l'empenta de la Força Centrífuga durant el traçat d'una corba va corregint

la trajectòria mitjançant el gir del volant, sent determinants, la velocitat de circulació, el grau d'adherència dels pneumàtics a la calçada, el peralt de la corba i el tipus de tracció del vehicle. En el moment que l'empenta que provoca la Força Centrífuga no pot ser contrarestat pel gir de volant la tendència del vehicle és la de sofrir una pèrdua de control.

A partir de l'anàlisi geomètrica de la corba i determinant uns coeficients de fregament per als pneumàtics del vehicle és possible estimar una velocitat per sota de la qual un vehicle pot traçar una corba sense sofrir un derrapatge cap a l'exterior. És el que es denomina Velocitat Crítica de la corba. Aquesta velocitat servirà d'orientació de la velocitat a partir de la qual augmenta la probabilitat de perdre del control en traçar la corba.

Efectivament, al traçar en tram corbat, les forces que actuen sobre el vehicle són la corresponent al seu pes, la força normal a la superfície, que es correspon a la reacció davant de la força del pes exercida pel vehicle sobre el ferm, la Força Centrífuga i la força de fregament del vehicle, que es descompon en dos components, la longitudinal (que facilita l'avançament del vehicle) i la transversal (dirigida cap a l'interior i que contraresta la Força Centrífuga).



Tal i com s'ha mostrat anteriorment, la acceleració Centrífuga està en funció de la velocitat d'avanç del vehicle i del radi de gir. Alhora, segons la segona llei de Newton, la Força Centrífuga vindrà donada per l'expressió:

$$F_c = m \cdot a_c = m \cdot v^2/r \quad (5.47)$$

Mentre que la component transversal de la força de fregament vindrà donada per l'expressió:

$$F_r = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g \quad (5.48)$$

En aquest punt, tenim tres situacions possibles:

- $F_r > F_c$: Si la força de fregament és superior a la Força Centrífuga, el vehicle té tendència a desplaçar-se cap a l'interior de la corba. Però donat que el moviment del vehicle està marcat pel gir del volant, aquesta força es reduirà paulatinament fins a igualar-se amb la Força Centrífuga.
- $F_r < F_c$: En aquest cas, la Força Centrífuga no podrà ser contrarestada pel contacte dels neumàtics amb l'asfalt (F_r), patint el vehicle un desplaçament cap a l'exterior de la corba.
- $F_r = F_c$: Si la força de fregament és igual a la Força Centrífuga, el vehicle traça adequadament la corba.

En aquest cas, tenim la següent igualtat:

$$F_c = F_r \quad (5.49)$$

$$m \cdot v^2/r = \mu \cdot m \cdot g \quad (5.50)$$

De la qual obtenim la velocitat:

$$v = \sqrt{(\mu \cdot g \cdot r)} \quad (5.51)$$

Sent aquest valor el corresponent a la velocitat crítica de la corba. El mateix raonament es pot fer en el cas que un traçat corbat disposi d'un peralt, essent aquest una inclinació transversal de la calçada cap al centre de la curvatura, que permet assolir una velocitat major que si el mateix traçat estigues pla.

En aquest cas, si el peralt té una inclinació de θ graus, l'equació de la velocitat crítica es correspondria a:

$$v = \sqrt{(g \cdot r \cdot (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)) / (\cos \alpha - \mu \sin \alpha)} \quad (5.52)$$

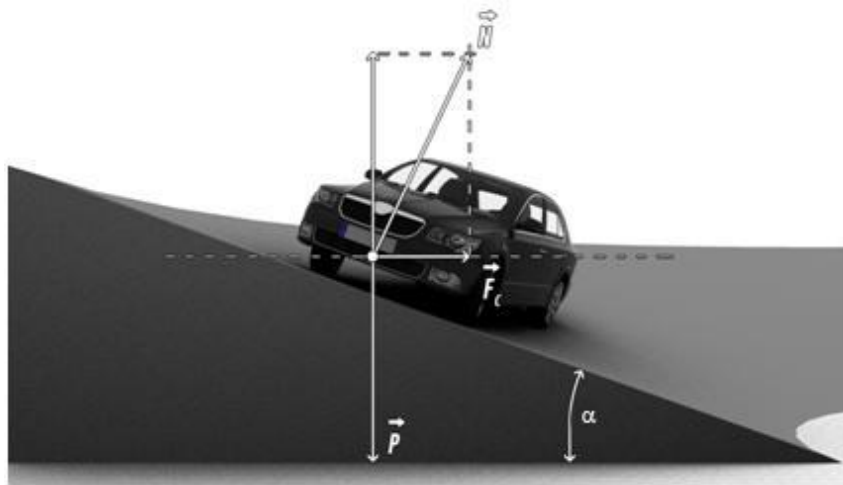


Figura 5.18 Components de forces en un peralt. Font: Elaboració pròpia.

El desplaçament que provoca la Força Centrífuga és proporcional a la velocitat de circulació, per tant com més elevada és la velocitat a la que es circula, més gran és el desplaçament lateral que s'experimenta. Per tant menor serà l'efectivitat del gir que efectua el conductor del vehicle.

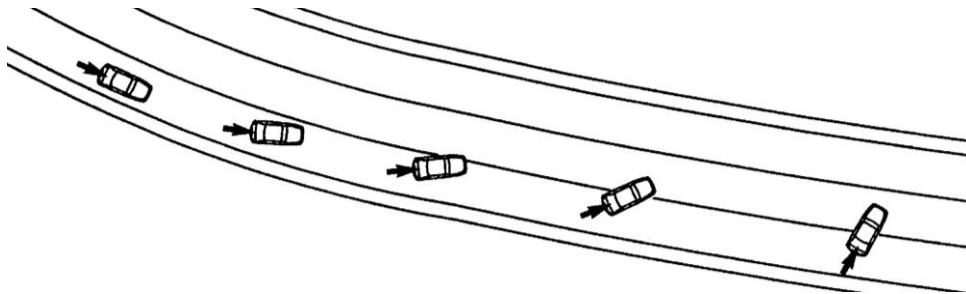


Figura 5.19 Pèrdua de control per sobre viratge. Font: Elaboració pròpia.

Si el vehicle circula a una velocitat superior a la crítica del traçat o les condicions d'adherències es veuen reduïdes per un paviment mullat, augmenta el risc que el vehicle no pugui contrarestar empenta de la Força Centrífuga i es surti del traçat.

Aquest fet s'expressa en que el sentit del desplaçament degut a la Força Centrífuga és contrari a la direcció de gir.

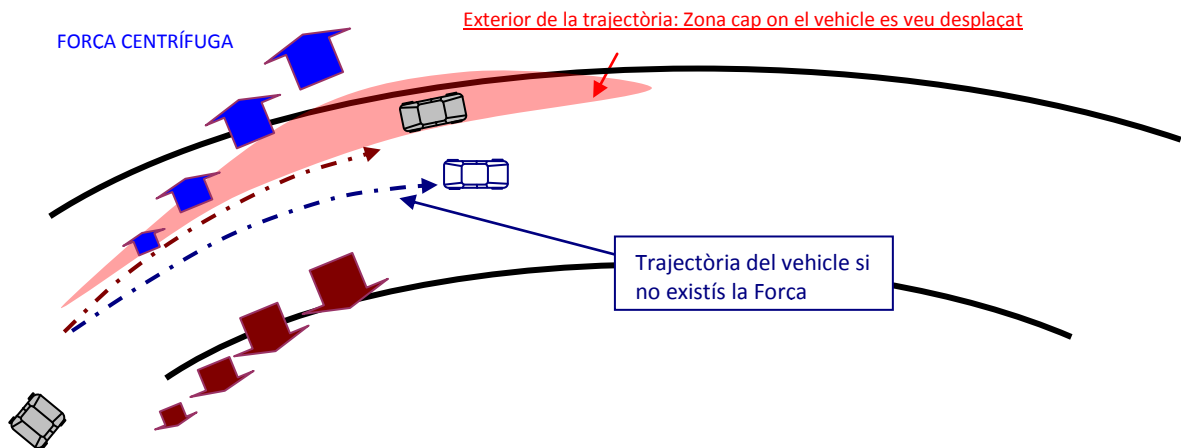


Figura 5.20 Efecte de la Força Centrífuga en una corba. Font: Elaboració pròpia.

A igualtat de traçat, major velocitat més gran és el desplaçament provocat per la Força Centrífuga.

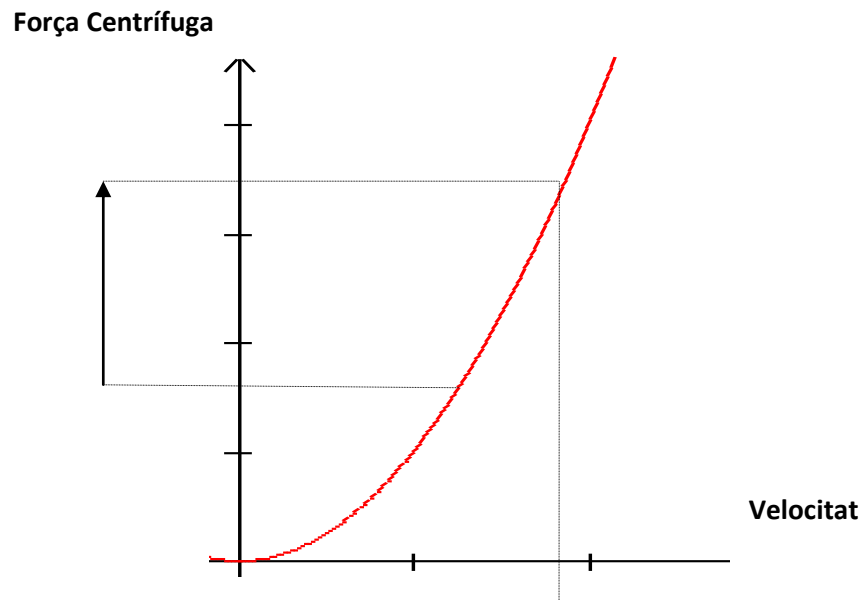


Figura 5.21 Gràfic de relació entre la Força Centrífuga i la velocitat. Font: Elaboració pròpia.

5.5.2. Relació entre la maniobrabilitat i el coeficient de fricció

La maniobrabilitat efectiva sobre un vehicle depèn del grau d'adherència entre els pneumàtics i el paviment (coeficient de fregament). Conforme varia el grau d'adherència varia el marge de gir, i per tant de maniobra (canviar el sentit), s'expressa com:

$$\mathbf{Maniobrabilitat = F(\mu)} \quad (5.53)$$

On μ és el coeficient de fricció entre el pneumàtic i el paviment, sent la maniobrabilitat la magnitud que dona la mesura sobre el control efectiu sobre el vehicle. En aquest sentit l'efectivitat dels moviments de les rodes sobre el paviment estan fortament lligats a les condicions d'adherència existents.

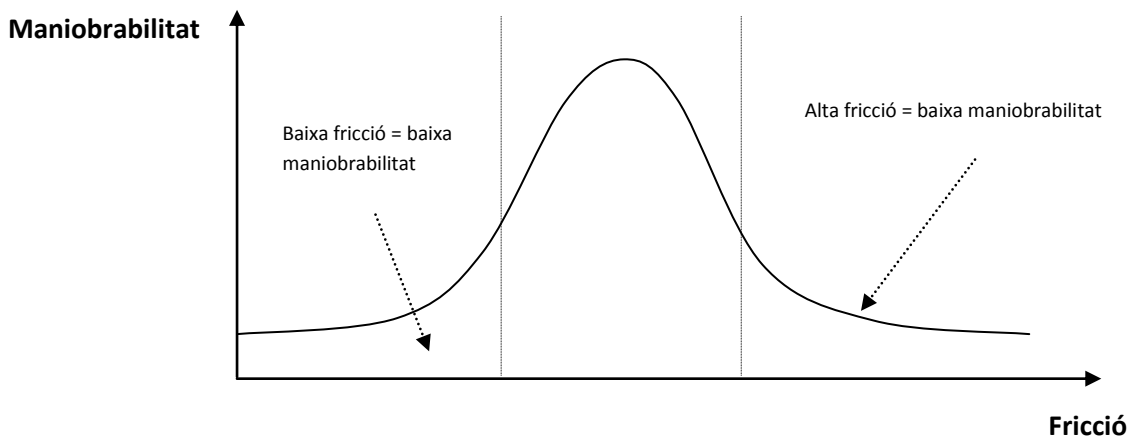
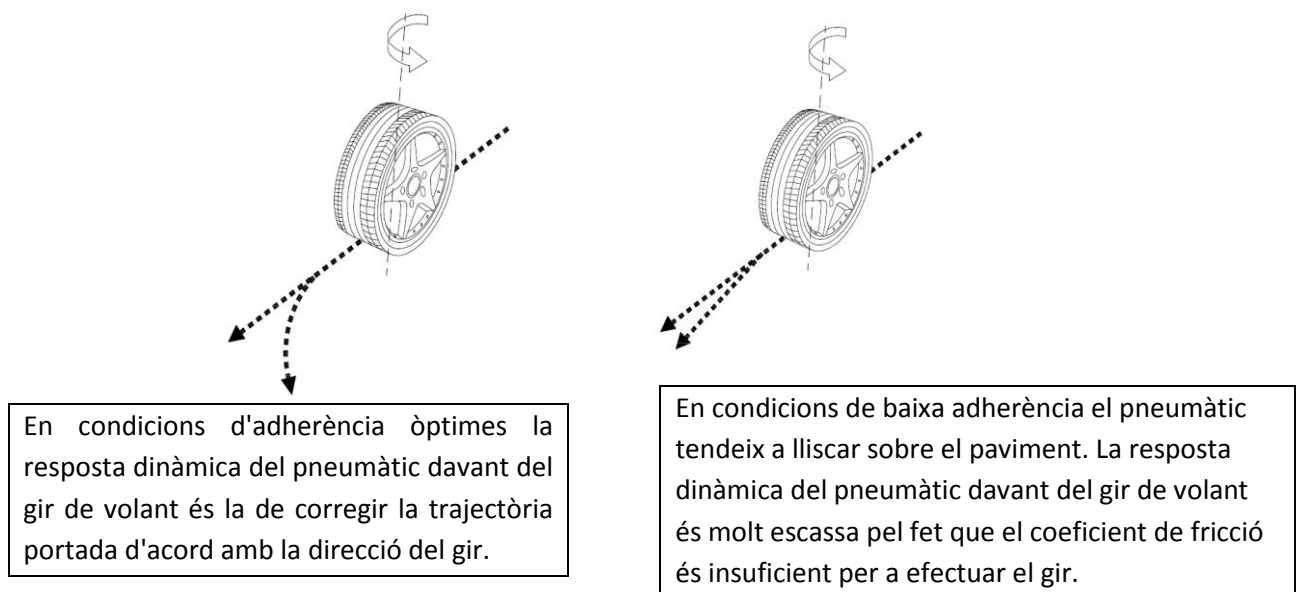


Figura 5.22 Gràfic de relació entre la Maniobrabilitat i la Fricció. Font: Elaboració pròpia



5.6. Velocitat i presència de vianants

5.6.1. Atropellaments

Quan es produeix l'atropellament d'un turisme a un vianant adult¹¹, el contacte es produeix entre la part frontal del vehicle i les cames del vianant, provocant una rotació en sentit contrari a la direcció del vehicle.

Això és degut a que la part frontal del turisme està per sota del centre de gravetat de la persona, fet que genera una força de rotació, provocant que el vianant caigui sobre el capó del turisme i a continuació sobre el parabrises. Aquest moviment s'anomena semi-volteig. Si la velocitat del turisme no és molt elevada, la persona atropellada surt empesa cap endavant:

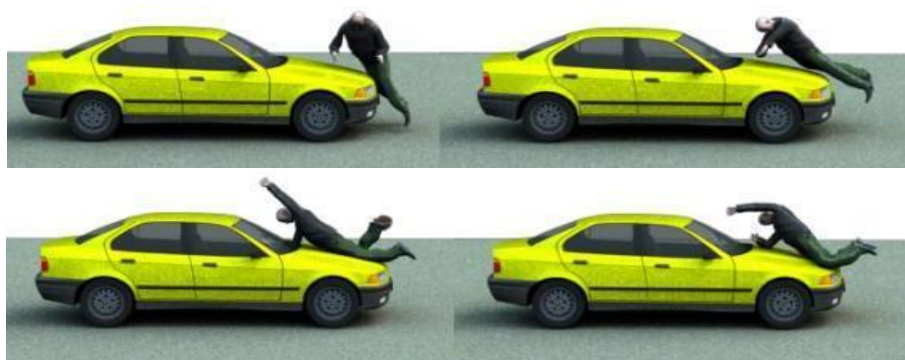


Figura 5.23 Seqüència d'un semi-volteig. Font: Elaboració pròpia.

Quan un vianant és atropellat per un vehicle que circula a una velocitat moderada, tendeix a patir un volteig, impactant sobre el capot i podent arribar a xocar contra el parabrises. A continuació, es desplaça en el mateix sentit que el d'avançament del vehicle fins a caure.



Figura 5.24 Seqüència d'una projecció d'un vianant. Font: Elaboració pròpia.

Però si l'atropellament es produeix a velocitat elevada, el vianant pot patir un volteig complet. En aquest cas, al impactar contra el parabrises, el vianant no surt desplaçat en la

¹¹ En el cas de nens, l'alçada dels quals és inferior, aquest raonament no és vàlid.

mateixa direcció que el turisme, sinó que continua movent-se per sobre del vehicle, passant per sobre del sostre del turisme:

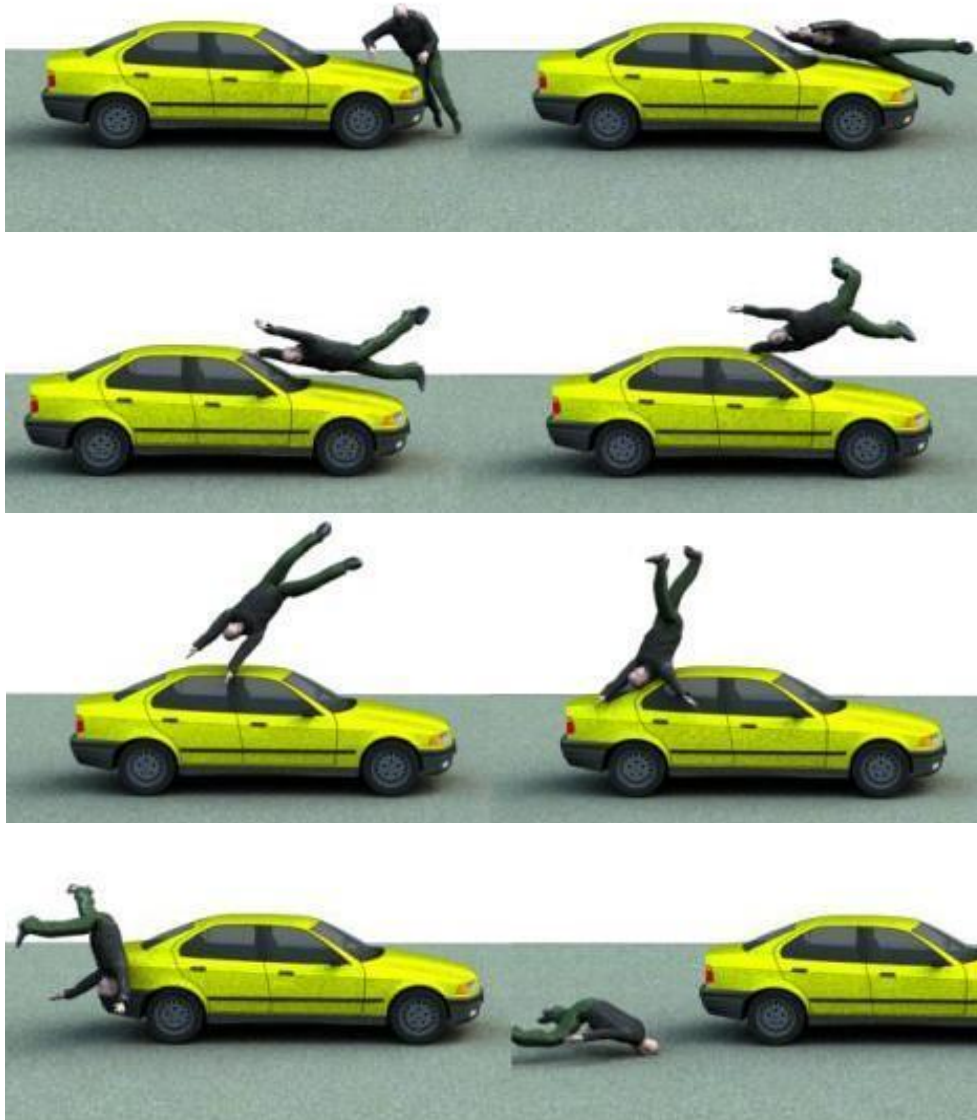


Figura 5.25 Seqüència d'un volteig. Font: Elaboració pròpia

Degut a la elevada velocitat del vehicle, a l'impactar contra el parabrises, el vianant no surt desplaçat en la direcció d'avançament del vehicle, sinó que continua movent-se en el sentit contrari al desplaçament del vehicle, passant per sobre del vehicle per acabar caient al terra.

5.6.2. Velocitat i projecció dels vianants

Quan es produeix un atropellament a velocitat reduïda o moderada, sense que el vianant pateixi un volteig complet sobre el vehicle, la projecció que pateix un vianant atropellat es pot dividir en dos moviments diferenciats. El primer, s'ajusta a un desplaçament de tipus parabòlic per l'aire; i un segon desplaçament del vianant arrossegant-se per la superfície

seguint un moviment uniformement desaccelerat.

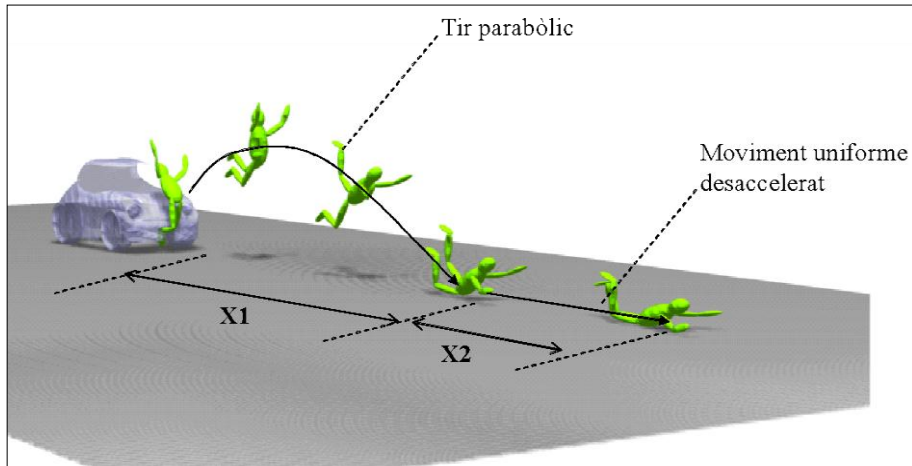


Figura 5.26 Fases associades al tir parabòlic. Font: Elaboració pròpia

El moviment del vianant per l'aire es compon de una component de desplaçament vertical (d'enlairament i caiguda) més una component de desplaçament horitzontal, avançant en la direcció de projecció. A continuació, es mostren les fórmules dels dos desplaçaments.

$$x = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \quad (5.54)$$

$$y = H + v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - 1/2 g \cdot t^2 \quad (5.55)$$

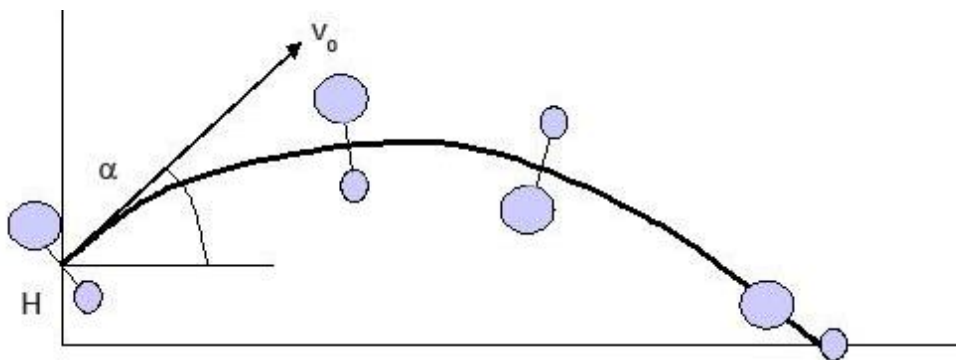


Figura 5.27 Esquema i formulació del tir parabòlic. Font: Elaboració pròpia.

Existeix una relació directa entre la velocitat a la que circula un vehicle i la distància a la que és susceptible de ser projectat un vianant.



Si un vianant és atropellat per un vehicle que circula a **10 km/h**, desplaçat una distància de **1 m** metres.



Si un vianant és atropellat per un vehicle que circula a **30 km/h**, desplaçat una distància de **6 m** metres.



Si un vianant és atropellat per un vehicle que circula a **50 km/h**, desplaçat una distància de **16 m** metres.

Figura 5.28 Seqüència d'atropellament segons velocitat del vehicle. Font: Elaboració pròpia.

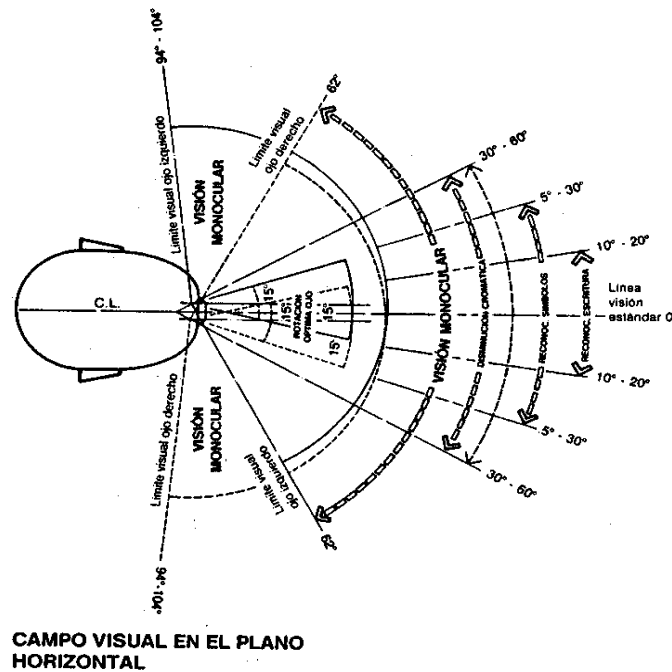
5.7. Velocitat i camp visual

El camp de visió és la porció de l'espai, mesurada en graus, que es percep mantenint fixos cap i ulls. Quan es refereix a un sol ull es diu “visió monocular” i quan es refereix als dos s’anomena “camp binocular”. Aquesta visió binocular és la que ens permet percebre els objectes amb relleu, és a dir, en tres dimensions.

Quan un objecte es contempla amb els dos ulls se solapen els respectius camps de visió i el camp central resulta major que el corresponent a cadascun per separat. El camp binocular té una amplitud de 60° en cada direcció (Panero, 1996). Si es transmeten formes pronunciades al cervell, es percep la dimensió en profunditat i hi ha discriminació cromàtica¹².

En el camp binocular es reconeixen paraules i símbols entre 5 i 30°. Sobrepassats aquests límits, tant les paraules com els símbols tendeixen a esvaïr-se. L'angle de millor enfocament s'estén a 90° a un costat i a l'altre de la línia visual (Panero, 1996).

Els colors, encara que depèn del que es tracti, comencen a desaparèixer entre 30 i 60° de la línia visual.

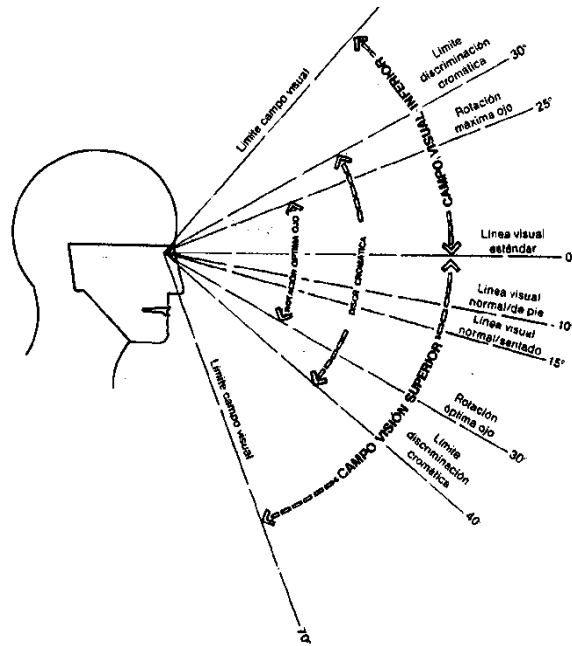


Límit de discriminació cromàtica horitzontal. Passats aquests graus, és difícil distingir colors.

Figura 5.29 Camp visual en el pla horitzontal. Font: “Las dimensiones humanas en los espacios interiores”.

Pel que fa referència a la visibilitat en el pla vertical, el camp de visió de les persones perd contrast cromàtic a partir dels 40°.

¹² Es defineix la discriminació cromàtica com “el sistema visual que posseeix un humà per a distingir colors” segons Campos. J.: La especificación del color: Espacios de representación del color. CSIC. Madrid.



El límit de discriminació cromàtica vertical està situat en torn als 40° de línia visual estàndard.

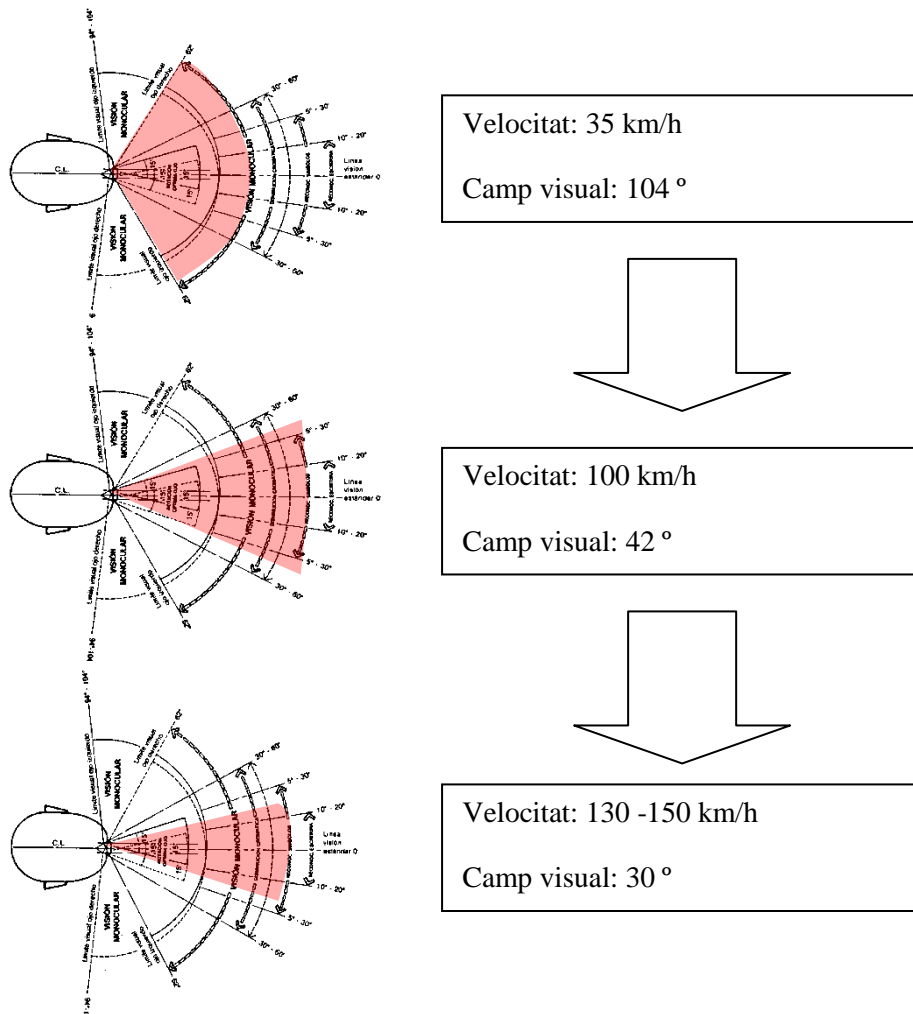
Figura 5.30 Camp visual en el pla vertical. Font: "Las dimensiones humanas en los espacios interiores".

Això vol dir que mantenint el cap en una posició normal, l'esser humà no pot veure amb claredat objectes que es trobin molt prop de la seva verticalitat.

Una persona que es mogui amb el cap en una posició normal, no pot veure objectes que es trobin molt a prop de la seva vertical, ja que el seu camp de visió no pot distingir formes per sota d'un cert angle.

El camp de visió, que en condicions normals és de 180 graus està relacionat amb la velocitat a la que es mou la persona, de manera que es va reduint conforme augmenta la velocitat de circulació. Quan s'incrementa la velocitat es perd la referència dels objectes que es troben al marge del camp de visió. A una velocitat de 45-50 km/h l'angle de visió binocular queda reduït a 80-90° (Panero, 1996). Si continuem incrementant la velocitat, el camp de visió es redueix fins arribar a un angle de 30° quan es circula a una velocitat entre 130-150 km/h; és el que es coneix com 'efecte túnel'.

Si a 35 km/h, el camp visual -104°- permet detectar sense dificultat objectes que estan fora dels marges de la carretera. A 100 km/h aquest camp de visió s'ha reduït a 42°, limitant la percepció a elements molt propers a la calçada. Si continuem incrementant la velocitat fins a 130-150 km/h, l'efecte 'túnel' impedirà al conductor advertir una situació de risc en l'exterior de la carretera.



Aquest fenomen es produeix pel funcionament de la visió. Les imatges que percebem mitjançant l'ull, es formen a la retina, on es troben les cèl·lules fotoreceptores.

D'aquestes n'hi ha de dos tipus:

- Els cons: es concentren en la màcula, que és la part central de la retina. Necessiten de molta llum per a ésser estimulats. Són els responsables de la visió dels colors dels objectes i dels detalls dels objectes. Formen el que s'anomena Visió Central, que acapara una franja d'uns 145°.
- Els bastons, són les cèl·lules que s'ubiquen en les zones més externes de la retina, essent molt sensibles a la llum. Ens permeten veure de nit, donat que s'exciten fins i tot amb nivells baixos de llum. Alhora, és més sensible al moviment. Per això podem veure objectes en moviment que no estiguin dintre del camp de visió central. A la visió que tenim amb els bastons se li anomena Visió Perifèrica, i és la responsable que puguem percebre objectes fins a una franja de 180°.

Durant la conducció, s'estima que entorn al 80% de la informació que ens arriba ho fa per mitja de la visió. En aquest sentit, el cervell es concentra en les imatges que li arriben de la Visió Central.

A mesura que s'incrementa la velocitat de circulació, la franja de la Visió Perifèrica es va reduint, donat que els bastons no tenen temps de rebre correctament la informació, generant imatges borroses. Fet que facilita una netedat més elevada en les imatges de la visió central (Quevedo, 2007).

El camp visual del ésser humà es va reduint conforme augmenta la velocitat de circulació. Quan s'incrementa la velocitat, es perd la referència dels objectes que es troben al marge del camp de visió.

VELOCITAT REDUÏDA:

Quan un conductor circula per un entorn urbà a velocitat reduïda, pot percebre amb claredat els objectes perifèrics, ubicats en els marges de la seva trajectòria.



VELOCITAT MODERADA:

Al incrementar la velocitat de circulació, el conductor perd visibilitat sobre els objectes situats en la perifèria de la seva trajectòria. En aquest cas pot percebre únicament els elements molt propers a la seva trajectòria.



VELOCITAT ELEVADA:

Al circular a velocitat elevada, el conductor perd totalment la visió dels elements de la perifèria de la seva trajectòria. El camp de visió del conductor es limita únicament als objectes que es situen davant de la seva trajectòria.



Figura 5.31 Percepcions visuals segons la velocitat de circulació. Font: Elaboració pròpia.

En aquest sentit, la relació entre la velocitat i el camp de visió és fonamental a l'hora de efectuar maniobres en les que s'exigeix tenir una ampla visibilitat, tal com :

Entrada a les interseccions: En interseccions d'angle tancat, la percepció de circulació en sentit transversal resulta fonamental a l'hora de garantir la seguretat de la maniobra. Cal tenir en compte que aquesta circulació prové d'un pla situat a 90° segons l'eix del nostre camp visual. Per tant, resulta fonamental reduir la velocitat a l'hora de percebre possibles irrupcions.

Passos de vianants: Es tracta d'una circulació transversal respecte a la del vehicle que prové d'un pla perifèric a la línia visual. Si es redueix la velocitat, s'aconsegueix ampliar consegüentment el nostre angle de percepció visual, i per tant, reduir la velocitat resulta fonamental a l'hora d'anticipar-se davant possibles irrupcions.

Circulació en paral·lel: S'ha comprovat que a certes velocitats, es perd la referència de l'arc visual situat en els extrems (Fisiología de la visión, 2010). És per això que circular a velocitats elevades es pot percebre amb menys claredat vehicles que circulen en paral·lel, no podent efectuar maniobres evasives davant situacions de risc que altres vehicles poguessin generar.

5.8. Velocitat dels vianants

5.8.1. Vianants i vehicles

Especialment en l'àmbit urbà es produeix una forta interrelació entre la mobilitat de les persones a peu i en vehicle privat, entrant moltes vegades en situacions de conflicte que es poden materialitzar en accidents on habitualment qui pateix les lesions és el vianant.

La gran desproporció entre el pes dels vehicles i les persones (15 a 1 entre turisme i vianant), la velocitat a la que poden transitar i la rigidesa de les seves estructures (metall contra ós) fan que en cas de conflicte (accident) el gran perjudicat sempre sigui el vianant.

Segons les dades de la DGT de l'any 2010 en l'àmbit del Estat Espanyol, en zona urbana es van produir 9.705 accidents definits com a "col·lisió de vehicle amb vianant", resultant 278 vianants morts. Si bé cal destacar que en el període 2001-2010 s'ha produït un descens del 26% en el nombre de vianants morts i en el de ferits greus.

Taula 5.2 Vianants víctimes segons lesivitat. Font: "DGT, 2010". Càlcul de morts a 30 dies.

Total	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Defuncions	377	343	363	343	332	296	304	266	269	278
Ferits greus	2.156	2.141	2.039	2.136	2.051	1.919	1.783	1.634	1.585	1.586
Ferits lleus	8.561	8.572	8.340	8.039	7.690	7.999	7.819	7.922	7.787	7.841
Víctimes	11.094	11.056	10.742	10.518	10.073	10.214	9.906	9.822	9.641	9.705

Variació %			
Total	2010/2009	2010/2003	2010/2001
Defuncions	3,35 %	-23,42 %	-26,26 %
Ferits greus	0,06 %	-22,22 %	-26,44 %
Ferits lleus	0,69 %	-5,98 %	-8,41 %
Víctimes	0,66 %	-9,65 %	-12,52 %

Independentment del fet que el 65 % dels atropellaments en zona urbana estiguin associats a alguna infracció del vianant, és evident que en les col·lisions entre vehicles i vianants, aquests últims són els que pateixen quasi exclusivament la lesivitat, degut a que es tracta de impactes de vehicles pesats amb estructures i materials rígids contra persones d'un pes relatiu (respecte amb el vehicle) reduït i de carn i ossos poc resistents a impactes violents.

La desproporció entre la capacitat de produir lesions entre vianants i conductors fa que siguin exigibles polítiques de discriminació positiva a favor dels vianants en aquells espais que han de compartir amb els vehicles.

La velocitat relativa entre persones i vehicles pot resultar un fet determinant a l'hora de valorar possibles situacions de risc quan les trajectòries d'ambdós s'intercepten, produint-se un atropellament. A la taula 5.2 podem observar els diferents rangs de velocitat caminant per a diferents intervals d'edat:

Taula 5.3 Distribució de la velocitat caminant de persones de diferents edats. S'indiquen velocitats del 15,50 i 85 percentil de cada mostra, així com la mitjana i la desviació típica d'aquestes. Font: "Cronwalk Study, San Diego (1970)".

Edat (anys)	Mostra (nº persones)	Velocitat (m/s)			Mitjana	Desviació típica
		15 %	50 %	85 %		
de 5 a 9	26	1,38	1,8	2,37	1,85	0,50
de 10 a 14	37	1,35	1,65	2,07	1,69	0,36
de 15 a 19	47	1,44	1,62	2,04	1,70	0,31
de 20 a 24	65	1,38	1,59	1,83	1,60	0,23
de 25 a 34	70	1,44	1,59	1,95	1,66	0,26
de 35 a 44	67	1,32	1,59	1,92	1,61	0,30
de 45 a 54	73	1,29	1,5	1,71	1,50	0,21
de 55 a 64	90	1,26	1,44	1,65	1,45	0,20
+ de 65	67	1,05	1,26	1,44	1,25	0,20

Tal i com es pot observar, la mostra de la taula posseeix un grau de representativitat força baix, circumstància que comporta la disparitat de resultats quan a les velocitats dels vianants, sobretot en el rang comprès entre 5 a 9 anys.

Aquest fet es pot comprovar de la mateixa manera amb la desviació típica de cada franja d'edat, on els valors elevats, com el de la franja d'edat entre 5 i 9 anys, indiquen un major nombre de valors "outliers".

De la mateixa manera, la mostra amb la qual es treballa ha de ser representativa de la població de la que s'extrau, per tal que la mostra estigui el menys esbiaixada possible. A l'hora de determinar la mida de la mostra cal tenir present l'estudi que s'està realitzant. Així, cada estudi té una mida mostral idònia que permet comprovar el que es pretén amb seguretat i amb la precisió fixada per l'investigador (Vélez, 2001).

Cal esmentar que la mida de la mostra depèn fonamentalment de la variabilitat del paràmetre a estimar, analitzada en dades prèvies o estudis pilot, així com de la precisió (amplitud de l'interval de confiança), i del propi nivell de confiança que ve determinat per la probabilitat complementària a l'error admès.

La mida de la mostra pot ser per a poblacions infinites i desconegudes, o bé finites i conegudes. En el nostre cas, on la mostra són el nombre de persones i la seva velocitat, la mida de la mostra serà infinita o desconeguda i vindrà determinada per la següent equació:

$$n = (Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q) / i^2 \quad (5.56)$$

On:

- n: mida de la mostra
- Z: valor corresponent a la distribució de Gauss
- p: prevalença esperada del paràmetre a avaluar, en cas de desconèixer ($p = 0,5$), que fa major la mida de la mostra $q = 1-p$ (si $p = 70\%$, $q = 30\%$)
- i: error que es preveu cometre, si és del 10%, $i = 0.1$

De manera que a partir de la formulació del càlcul de la mida de la mostra es pot determinar l'error mostral de cada una de les franges d'edat per les quals s'ha realitzat aquesta taula. A continuació es mostren els resultats:

Taula 5.4 Distribució de la velocitat caminant de persones de diferents edats. S'indiquen velocitats del 15,50 i 85 percentil de cada mostra, així com l'error de la mostra de cada franja d'edat. Font: "Cronwalk Study, San Diego (1970)".

Edat (anys)	Mostra (nº persones)	Velocitat (m/s)			Error de la mostra
		15 %	50 %	85 %	
de 5 a 9	26	1,38	1,8	2,37	0,192
de 10 a 14	37	1,35	1,65	2,07	0,161
de 15 a 19	47	1,44	1,62	2,04	0,143
de 20 a 24	65	1,38	1,59	1,83	0,122
de 25 a 34	70	1,44	1,59	1,95	0,117
de 35 a 44	67	1,32	1,59	1,92	0,120
de 45 a 54	73	1,29	1,5	1,71	0,115
de 55 a 64	90	1,26	1,44	1,65	0,103
+ de 65	67	1,05	1,26	1,44	0,120

La disparitat de resultats i la manca de consistència en el caràcter progressiu de les velocitats del vianants analitzats en la taula anterior s'explica per la desigualtat dels errors de la mostra, podent arribar a ser del 100%.

Si tenim en compte que el rang de velocitats típiques de vehicles en entorn urbà és de 30 a 50 km/h s'observa que aquesta és 4 a 6 cops la velocitat màxima d'un menor en entorn urbà i fins 9,6 vegades la velocitat màxima d'una persona gran. A la taula 5.3 podem observar els rangs de velocitats típiques de persones corrent segons la edat.

Taula 5.5 Distribució de la velocitat d'adults fent jòguing. S'indiquen velocitats del 15,50 i 85 percentil de cada mostra. Font: "Grait Analysis, Slack Inc. ".

Edat (anys)	Mostra (nº persones)	Velocitat (m/s)		
		15 %	50 %	85 %
20	134	2,76	3,48	4,17
30	204	2,6	3,3	3,75
40	138	2,4	2,85	3,4
50	35	2,4	2,8	3,15
60	30	2,0	2,4	2,7

En aquest cas s'observa que la velocitat d'un vehicle és 3,3 cops la velocitat màxima d'una persona jove en entorn urbà i fins 5,7 vegades la velocitat màxima d'una persona gran. Com molts altres paràmetres psicomotrius, la velocitat de les persones disminueix sensiblement conforme s'incrementa l'edat.

El descens de la velocitat a mesura que augmenta l'edat obliga a que es tingui en compte aquest fet a l'hora d'efectuar maniobres que comportin un risc potencial com poden ser

creuaments de la via o irrupcions en la calçada per zones no habilitades. Altrament, també s'ha de tenir present a l'hora de coordinar els temps de les fases semafòriques amb l'amplada de la via que a regula a fi d'evitar situacions de risc.

5.8.2. Factors de la reducció de la velocitat

L'edat no és l'única variable representativa de la velocitat de les persones, doncs existeixen altres factors externs, que poden modificar la velocitat estàndard d'un vianant. A continuació es mostren alguns exemples (mitjanes representatives que no concorden amb les dades exposades anteriorment):

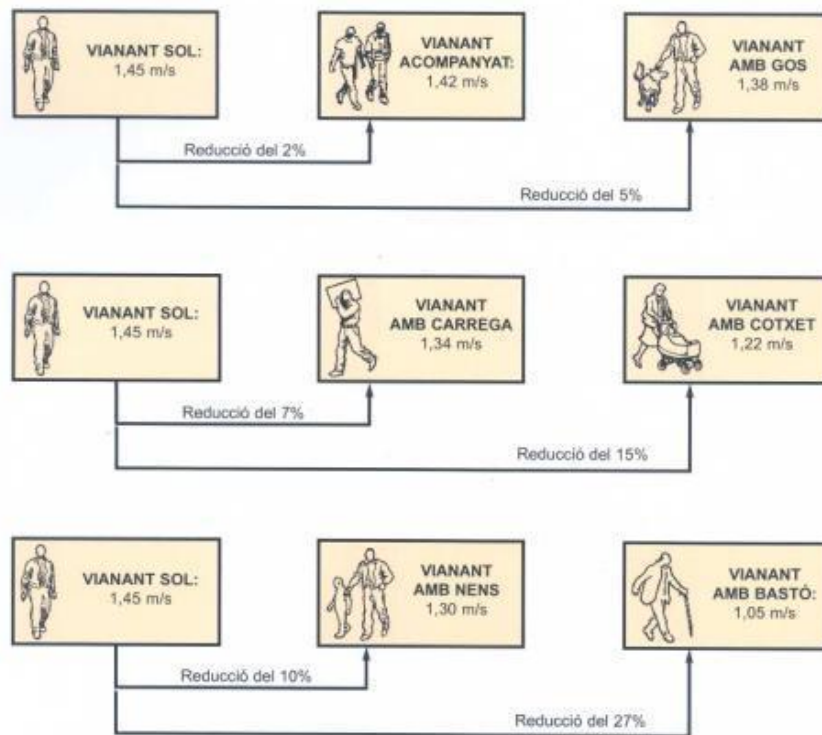


Figura 5.32 Modificacions de les velocitats estàndards dels vianants. Font: "Servei Català de Trànsit, 2000".

La velocitat dels vianants segons l'edat resulta fonamental quan es tracta de creuar amb seguretat una via. A la taula 5.5 es mostra el temps que triga una persona en creuar una via d'un sol carril de 3 metres d'amplada i la distància a la que s'hauria de trobar un vehicle circulant a 50 km/h, per tal de no generar una situació de risc interceptant-ne mútuament les trajectòries:

Taula 5.5 Relació de temps i espai en el creuament d'un carril per part d'un vianant. S'indiquen velocitats del 15,50 i 85 percentil de cada mostra. Font: "Grait Analysis, Slack Inc."

Una persona de...	Que té associat un rang de velocitats de	Creua la via en un promig de	El vehicle que circula a 50 km/h s'ha de trobar a una distància de
5 a 9 anys	1,38 a 2,37 m/s	1,7 segons	24 metres
35 a 44 anys	1,32 a 1,92 m/s	1,9 segons	26 metres
Més de 65 anys	1,05 a 1,44 m/s	2,5 segons	35 metres

Es pot observar que la distància per tal de no interceptar les seves trajectòries augmenta significativament amb l'edat. Aquest fet s'accentua en les vies amples, i com a exemple s'observa el temps que triguen els diferents rangs d'edat per una via de dos carrils, de tres metres cadascun. Si tenim en compte el temps promig que triga cada interval d'edat en creuar la via, per tal de fer-ho amb seguretat davant de la proximitat d'un vehicle circulant a 50 km/h:

Taula 5.6 Relació de temps i espai en el creuament de dos carrils per part d'un vianant. S'indiquen velocitats del 15,50 i 85 percentil de cada mostra. Font: "Grait Analysis, Slack Inc."

Una persona de...	Que té associat un rang de velocitats de	Creua la via en un promig de	El vehicle que circula a 50 km/h s'ha de trobar a una distància de
5 a 9 anys	1,38 a 2,37 m/s	3,4 segons	48 metres
35 a 44 anys	1,32 a 1,92 m/s	3,8 segons	53 metres
Més de 65 anys	1,05 a 1,44 m/s	4,9 segons	69 metres

S'observa que davant les maniobres de creuament de persones grans, la distància per efectuar la maniobra amb seguretat s'amplifica significativament, ja que la seva velocitat és menor que la dels altres grups d'edat. Per tant es pot concloure que cal extremar les mesures de precaució davant d'aquestes situacions.

Així doncs, podem determinar que les distàncies de seguretat necessàries per aturar un vehicle a una determinada velocitat, varien en funció de l'edat dels vianants

5.8.3. Velocitats relatives dels vianants

Una persona jove caminant lleugerament pot assolir una velocitat de 5 km/h. Un vehicle en entorn urbà pot circular a una velocitat màxima límit genèrica de 50 km/h (deu vegades més).

En cas d'accident les energies dels cossos que intervenen es dissipen en deformacions i desplaçaments. En un accident en que intervingui un vianant de 70 kg caminant a 5 km/h i un turisme estàndard de 1.000 kg circulant a 50 km/h les quantitats d'energia cinètica que aporta cadascú són les següents:

$$E_{(c \text{ vianant})} = 1/2 m \cdot v^2 = 68 J$$

$$E_{(c \text{ vehicle})} = 1/2 m \cdot v^2 = 92.451 J$$

La quantitat d'energia aportada pel vehicle és 1.428 vegades superior a la del vianant. Això implica una capacitat de produir lesions molt elevada per part del vehicle. De reduir la velocitat del vehicle de 50 a 30 km/h es redueix un 64 % la quantitat d'energia aportada pel vehicle, i per tant la possible lesivitat potencial de l'accident.

Un vehicle que circuli per una via urbana té una limitació genèrica de velocitat de 50 km/h. Això suposa que en un interval de 10 segons, recorre una distància de 138,9 metres. En canvi, una persona caminant a una velocitat de 5 km/h, en 10 segons, pot recorre una distància màxima de 13,9 metres.

5.9. Velocitat: percepció, incidència en els accidents i els atropellaments

Percepció. Dins d'un vehicle que circula a velocitat constant no existeix percepció o sensació de velocitat, és a dir, no existeix una sensació subjectiva de viatjar a una certa velocitat i per tant, no es pot quantificar la velocitat a la que s'està circulant, a menys que, òbviament es miri el velocímetre o s'observin en elements fixos externs.

L'única sensació subjectiva apareix en el moment que hi ha acceleracions o desacceleracions del nostre vehicle, és a dir, en els canvis de velocitat en els que el cos respon com un objecte no solidari avançant en la direcció contrària en la que es produeix el canvi de velocitat.

El fet de no tenir una sensació subjectiva de velocitat provoca errors en la percepció, tal com subestimar les distàncies necessàries per a detenir el vehicle davant alguna situació de risc o altrament reaccions extremes i desproporcionades, davant del fet de prendre ràpida consciència que es circula a velocitat inadequada davant d'una suposada situació de risc que se sol derivar en accidents que altrament serien evitables.



Figura 5.33 Sensació objectiva de velocitat elevada. Font: Elaboració pròpia.

En relació a la percepció de la velocitat, encara quan els conductors mirin amb més o menys freqüència al velocímetre durant la conducció, el control de la velocitat es realitza, en amplis períodes de temps, sobre la base d'una apreciació subjectiva de la mateixa. Per això, al costat de la comprensió dels processos bàsics i neurològics implicats en la percepció del moviment, també té un interès aplicat el coneixement de la manera com els subjectes realitzen aquesta estimació de la velocitat, encara que aquesta sigui merament descriptiva (Conchillo, 1999).

Existeixen tota una sèrie d'experiències en les quals s'ha manifestat dramàticament el paper de la visió en la percepció del moviment. (Lillo, 1995). Quan es disposa d'estimulació tàctil, vestibular i/o auditiva informa fidelment l'astaticitat, encara que tot aquest cúmulo informatiu ha estat vençut per l'enganyosa estimulació visual.

En relació amb la pròpia conducció doncs, podem considerar dos aspectes: l'estimació de la velocitat i l'estimació de la velocitat dels altres vehicles.

La percepció de la velocitat pròpia està especialment relacionada amb la visió perifèrica. Si ens situem en un vehicle en moviment resulta fàcil comprovar que la sensació de desplaçament és tan més gran quan més ens fixem en la perifèria del camp visual. Això és així perquè els elements perifèrics, al ser els més pròxims, per llei de perspectiva presenten un desplaçament angular respecte al conductor molt major que els elements més propers a l'horitzó (DGT, 2011).

En canvi, pel que respecte a la percepció de la velocitat dels demés, el problema es planteja especialment en la dificultat d'estimar la velocitat dels vehicles quan aquests es mouen en la mateixa trajectòria que la nostra.

Incidència en els accidents. La velocitat de circulació dels vehicles és un factor intervé decisivament en un gran nombre de accidents de trànsit. Segons dades de la Direcció General de Tràfic (DGT), la velocitat inadequada està present en el 13% dels accidents amb víctimes ocorreguts en 2010 i aquest percentatge s'eleva al 20% quan l'accident amb víctimes

succeeix en carretera (un punt menys que en 2009). En el cas dels accidents mortals en un 27% d'ells es va apreciar que la velocitat va ser un factor concurrent en l'accident (DGT, Siniestralidad Vial, 2010).

La velocitat és un factor determinant en la consecució d'accidents. En aquest sentit, hem de tenir en compte els dos efectes principals que té la velocitat en un accident:

Respecte a les possibilitats d'evitabilitat¹³ d'un accident, val a dir que la velocitat participa activament a les maniobres evasives. Com hem vist en capítols anteriors, la velocitat afecta a la percepció (per tant, a les possibilitats de percebre una situació de risc amb antelació); a la maniobrabilitat del vehicle (per tant, a les possibilitats d'efectuar un gir d'esquiva) i a la distància de detenció (per tant, a les possibilitats de detenir el vehicle abans d'arribar a la zona de conflicte).

Respecte a les conseqüències de l'accident, és evident que a més velocitat més energia hi haurà en el moment de la col·lisió i, per tant, més greus seran les deformacions del vehicle així com les lesions que pateixin les persones, ja siguin vianants o ocupants del vehicle.

La velocitat és un factor fonamental, tant alhora d'evitar un accident com en les conseqüències que se'n puguin derivar. És per això que és un element que influeix d'una manera directa i que té una incidència en la gravetat dels accidents.

Taula 5.2 Evolució percentual de l'accidentalitat en funció d'una velocitat inadequada. Font: "DGT, 2010".

Tipus de via	% d'accidents en els que es va apreciar velocitat inadequada									
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Autopista	16 %	19 %	17 %	17 %	16 %	15 %	14 %	14 %	14 %	14 %
Autovia	19 %	21 %	19 %	21 %	20 %	17 %	16 %	16 %	18 %	19 %
Via convencional	24 %	24 %	24 %	24 %	26 %	23 %	21 %	20 %	20 %	20 %
Camí veïnal	34 %	35 %	32 %	35 %	35 %	28 %	34 %	33 %	31 %	27 %
Via de servei	25 %	18 %	22 %	21 %	20 %	19 %	20 %	23 %	18 %	20 %
Ramal d'enllaç	29 %	26 %	30 %	29 %	32 %	30 %	19 %	14 %	13 %	9 %
Total (ctra. + urb.)	15 %	15 %	15 %	15 %	16 %	15 %	15 %	14 %	13 %	13 %

13 "En l'àmbit de la Reconstrucció d'Accidents de trànsit, el concepte "evitabilitat" és utilitzat per una àmplia comunitat de professionals tècnics: Enginyers, Físics, Matemàtics i també de professionals vinculats al dret: Jutges, Fiscals i Advocats.

El terme evitabilitat en l'àmbit d'aquest estudi, defineix la potencialitat del subjecte conductor per eludir el contacte entre un vehicle de tracció mecànica i un vianant exposat al risc, que es deriva de la interacció entre:

- Les posicions relatives i velocitat de desplaçament prèvies de vianant i vehicle.
- La capacitat perceptiva i reactiva del conductor.
- Les circumstàncies ambientals de l'entorn.

Per calcular l'evitabilitat es realitza una anàlisi del temps, distància, itinerari i posició inicial de l'exposició al risc suportada pel vianant; de la velocitat inicial, màxima teòrica i límit de la via desenvolupada pel vehicle; del temps de reacció del conductor i la influència de l'entorn; i la interrelació de les posicions inicials de vianant i vehicle pel que fa a l'eix transversal de la calçada." (Cabrero J. A., 2014).

A l'any 2010 es van realitzar uns 26,5 milions de controls de velocitat en carretera per part de l'Agrupación de Tráfico de la Guàrdia Civil resultant denunciats 684.385 vehicles. Respecte de 2009, s'han controlat 88.759 vehicles menys i el percentatge de vehicles denunciats ha descendit del 2,9% en 2009 al 2,6% en 2010.

Entre 2001 i 2010 s'han controlat 13 milions més de vehicles i la taxa de vehicles denunciats ha passat del 3,6% en 2001 al 2,6% en 2010 (DGT, Siniestralidad Vial, 2010).

Si ens fixem en els accidents en l'entorn urbà, podem comprovar com la infracció per circular a velocitat inadequada per les condicions del trànsit i/o de la via existents es troba implicada en el 4,2% del total dels accidents. Tenint en compte que en els accidents ocorreguts l'any 2003 qualsevol tipus d'infracció relacionada amb la velocitat va representar el 5,3% del total dels accidents, per tant es pot concloure que el fet de circular a una velocitat inadequada per tram urbà suposa un risc elevat (DGT, 2005).

Per tant, la velocitat afecta tant a l'evitabilitat de l'accident com a les seves conseqüències. En el llibre "*Accidents de trànsit a l'entorn laboral*", elaborat pel Servei Català de Trànsit es recull un detallat anàlisi estadístic de l'accidentalitat que patia el col·lectiu de conductors professionals, basant-se en respostes a qüestionaris facilitades pels conductors professionals.

Segons el motiu de desplaçament dels conductors que circulaven a una velocitat inadequada per a les condicions de la via i s'havien vist implicats en un accident amb víctimes, el 71,7% ho feien per un motiu diferent al de treball o "itinerari". Mentre que els conductors que sobrepassen la velocitat establerta suposen un 66,5% del total de desplaçaments. Un fet que s'ha de destacar de les dades obtingudes, és que del col·lectiu de conductors que es desplacen per motiu de feina i que pateixen un accident, un percentatge elevat havia comès alguna infracció relacionada amb la velocitat (Cabrerizo, 2003).

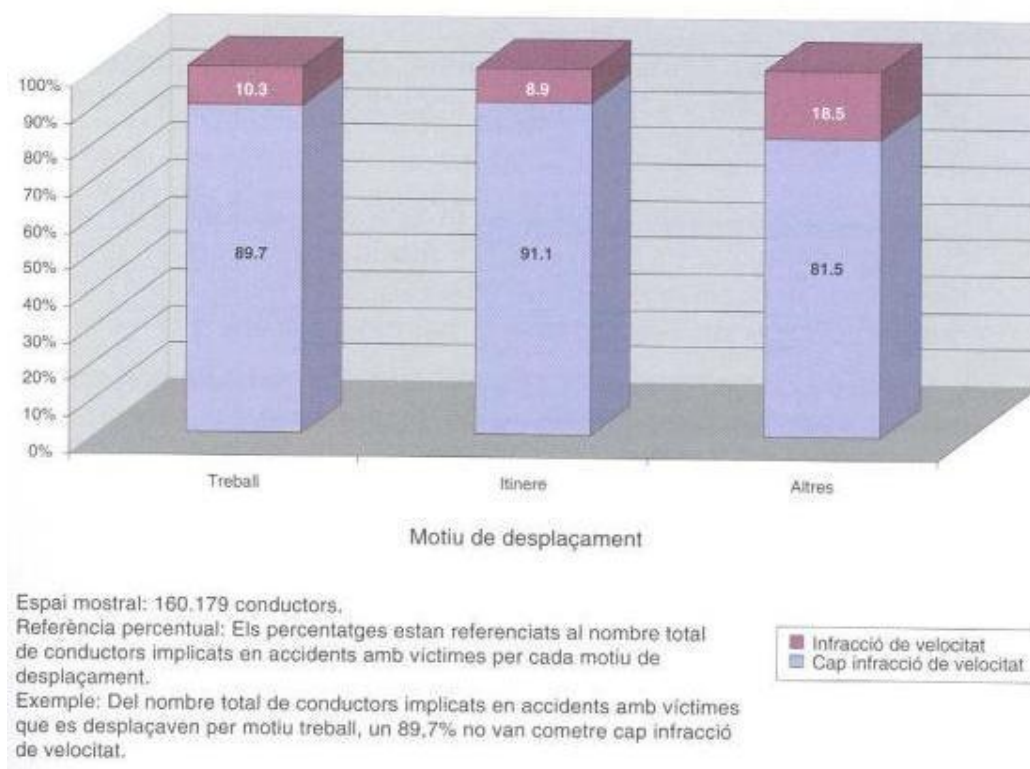


Figura 5.34 Percentatge de conductors implicats en accidents amb víctimes segons motiu de desplaçament i infracció entre 1996 i 2001. Font: "Cabrerizo, 2003".

En el cas del col·lectiu de conductors professionals, s'ha de remarcar que el seu espai de feina es troba en la carretera, lloc on passen llargs períodes de temps. Aquest fet fa que aquests conductors hagin de ser més restrictius a l'hora de complir les normes de circulació, ja que a més de estar exposats al risc de la circulació durant més temps, s'ha de tenir en compte la tipologia dels vehicles amb que circulen i en alguns casos la perillositat de la càrrega que transporten.

L'enquesta realitzada pels sindicats UGT i CCOO involucrava únicament al col·lectiu de conductors professionals. En aquest sentit, entre d'altres aspectes, incidia directament en les infraccions de velocitat comeses pels conductors professionals. Del total dels 402 conductors entrevistats, el 49% reconeixia haver comès algun tipus d'infracció relacionada amb la velocitat.

Del 49% de conductors, un 86% havia infringit les normes de circulació respecte a la velocitat al circular a una velocitat més elevada que la màxima permesa pel tram on circulava; un 39,58% havien circulat a una velocitat inadequada i el 1,04% circulava a una velocitat molt lenta, entorpidint el trànsit (Cabrerizo, 2003).

El col·lectiu de conductors professionals tenen la responsabilitat de resguardar la seguretat del transport que desplacen, que en determinats casos es tracta de persones, i en d'altres de matèries perilloses que poden generar situacions d'extrema gravetat tant per la seva seguretat com per la resta d'usuaris de la via.

Aquests estudis han constatat com, dels conductors professionals que circulen amb vehicles que tenen l'obligació de dur un tacògraf, un 6,2% l'havien manipulat, amb la finalitat d'emascarar possibles excessos de velocitat, per poder realitzar la feina de transport en el menor temps possible (Cabrerizo, 2003).

Pel que fa als atropellaments, val a dir que les ciutats són entorns en els quals coexisteixen vehicles motoritzats i vianants i les velocitats que desenvolupen els actuals vehicles motoritzats superen en molt les velocitats que poden assolir les persones.

Aquest fet és rellevant tant per als conductors com per als vianants, atès que la percepció de les distàncies entre conductor i vianant són totalment diferents:

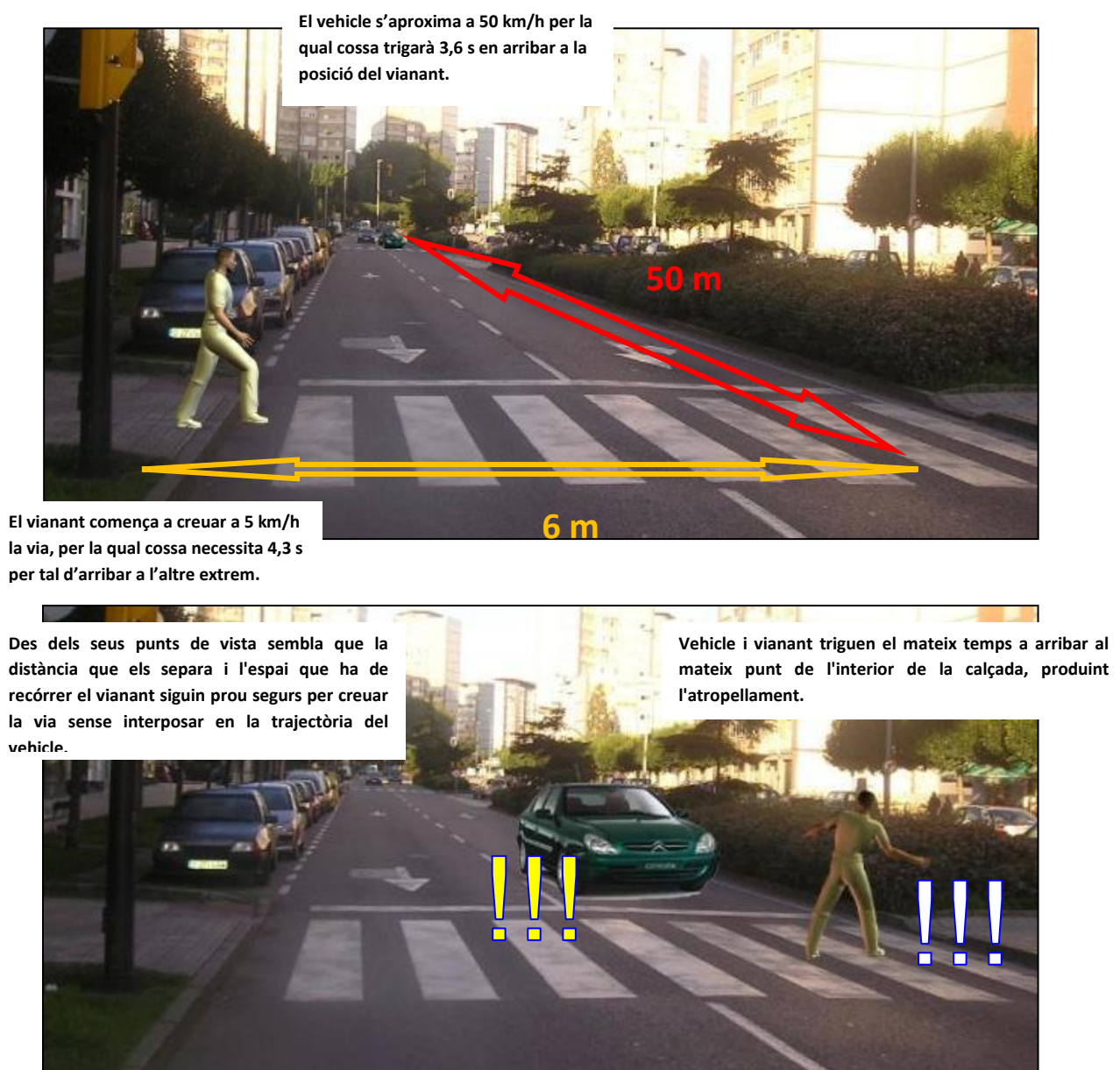


Figura 5.41 Simulació d'un atropellament en un pas de vianants en funció de les distàncies recorregudes per les parts implicades. Font: Elaboració pròpia.

La conclusió que podem treure de l'exemple anterior, és que cal aconseguir la protecció de les persones enfront dels vehicles. Una manera de fer-ho és disminuir la velocitat dels vehicles a les àrees on hi hagi presència de vianants, aplicant la prioritats invertida, és a dir, zones en què els elements més desfavorables de la circulació, els vianants i ciclistes, sempre tinguin prioritats de pas respecte dels vehicles (Crane, 2000).

Això ja passa a les zones residencials, on els paràmetres de prioritats estan invertits, donant més importància als vianants. Hem de tenir present que als carrers de les zones residencials, el límit genèric de velocitat és de 30 km/h.



Figura 5.42 Zona residencial amb límit genèric de velocitat de 30 km/h. Font: Elaboració pròpia.

Un altre factor a tenir en consideració, és el fet que la percepció de velocitat per part d'un conductor i un vianant és totalment diferent, mentre que el conductor disposa de referències objectives per saber la velocitat a la qual circula, com el velocímetre o la marxa engranada que li proporcionen una mesura qualitativa de la velocitat, el vianant no disposa d'elements a partir dels quals pugui, determinar la velocitat a la que s'aproxima un vehicle, en no ser la velocitat una magnitud susceptible de ser quantificada subjectivament.

Cal remarcar així mateix la notable diferència que existeix tant en la massa com en els elements constitutius de vianants i vehicles. Aquesta gran diferència de massa i composició provoca que mentre que els vehicles solen patir desperfectes moderats en els atropellaments, els vianants són uns elements molt susceptibles a patir fortes lesivitats en el contacte amb un vehicle (Macpherson, 1998).

Així doncs, els vianants són elements molt susceptibles de patir fortes lesivitats en atropellaments, i es presentarà una forta dependència de la gravetat de les lesions patides amb la velocitat d'impacte dels vehicle.

Existeixen tota una sèrie d'estudis que representen aquesta forta relació entre lesivitat de vianants i velocitat d'impacte dels vehicles. L'excés de velocitat, concepte que engloba velocitat excessiva (conducció per sobre dels límits de velocitat) i velocitat inadequada

(conduir massa ràpid per a les condicions concretes, però dins dels límits), és perillós. A més de ser un factor causal en pràcticament un terç dels accidents mortals, la velocitat és un factor agreujant de les conseqüències de tots els accidents (OCDE/CEMT, 2006).

La presència de la velocitat com a causa directa no és una condició necessària perquè la probabilitat d'ocurrència i/o la severitat d'un accident depenguin de les velocitats inicials dels vehicles.

Per exemple, en una invasió de carril causada per distracció:

Menor velocitat de circulació dels vehicles – major probabilitat de realitzar una maniobra evasiva (frenat, canvi d'adreça) amb èxit. Menor velocitat de circulació dels vehicles – menor risc de lesions en una col·lisió.

No obstant, el que sí que queda clar és que la velocitat excessiva i inadequada és considerada com una de les principals causes d'accidents i víctimes de tràfic.

Una de les pretensions fonamentals de la present tesi serà la de determinar aquesta relació (lesivitat vianant - velocitat d'impacte vehicle) en la mostra d'estudi analitzada, així com extreure les preceptives conclusions al voltant de l'anàlisi de les dades analitzades.

5.10. Mesures de protecció del vianants

Els avenços tecnològics que incorporen els vehicles avui en dia han servit per a salvar moltes vides. Tecnologies com el cinturó de seguretat, l'airbag, el sistema de frenada ABS o el control l'estabilitat ESP han contribuït a fer vehicles molt més segurs i que responen molt millor en situacions d'emergència. Tots aquests avenços, però protegeixen la integritat dels ocupants del vehicle però no dels de fora, no els vianants.

Tot i això la tecnologia també està pensant cada vegada més en com minimitzar el risc per part dels vianants i tot seguit es mostren algunes d'aquestes innovacions. Els països desenvolupats han pres consciència dels problemes derivats dels atropellaments a vianants, elaborant programes per avaluar el seu abast real, reduir la seva casuística i disminuir les seves conseqüències fatals en una gran majoria dels casos.

Si bé els estudis realitzats per diferents organismes i institucions mostren certes diferències en els seus resultats, es poden prendre com a representatives les següents xifres mitjanes en entorn urbà, que il·lustren l'abast del problema (Peña, 2006):

- El nombre d'accidents per atropellament mortals està al voltant del 16% del total d'atropellaments.
- De tots els vehicles involucrats en atropellaments, el 79% són turismes.
- En el 80% d'aquests accidents, l'impacte es localitza en la part frontal del vehicle.
- Dels impactes soferts en el cap, el 22% són contra el capó, el 35% contra el parabrisa i

el 14% contra el marc del parabrisa.

- S'estima que, amb un adequat disseny del vehicle, es poden reduir en un 8% els accidents mortals i en un 21% els accidents amb danys greus per atropellaments.

Gran part dels atropellaments amb resultat de mort estan relacionats amb l'impacte en el cap, sent aquest el punt més crític. Per això, cal tenir en compte una doble qüestió: l'acceleració experimentada pel cap i la rigidesa de l'element contra el qual col·lisiona; com més gran siguin ambdues, acceleració i rigidesa, més greus seran les conseqüències per al vianant atropellat.

Juntament amb els *crash-test* per verificar la protecció dels ocupants d'un vehicle en cas de col·lisió, amb proves més exigents que la pròpia normativa, Euro NCAP ha realitzat unes altres per comprovar el seu comportament en un atropellament. En els assajos s'avalua el grau de protecció (bé, regular o insuficient) de les diferents zones del cotxe en les quals habitualment impacten determinades parts del cos d'un vianant, sigui adult o nen, a una velocitat de 40 km/h, demostrant que els vehicles actuals són força més agressius en cas d'atropellament degut als frontals aerodinàmics (Rodríguez, 2000).

És clar que una manera eficient per aconseguir una major protecció de les persones enfront dels vehicles és disminuir la velocitat dels vehicles en àrees on hi hagi presència de vianants, aplicant la prioritat invertida, és a dir, zones on els elements més desfavorables de la circulació, els vianants i ciclistes, sempre tinguin prioritat respecte als vehicles.

En l'acceleració del cap té una influència directa la posició del para-xocs, ja que quan l'altura d'aquest descendeix, també és menor l'acceleració del cap, atès que es redueix la velocitat angular del vianant en relació amb el seu centre de gravetat (Gálvez, 2011).

Tenint en compte aquesta circumstància, si al capó se li dota d'una estructura capaç d'absorbir l'energia de l'impacte i, sobretot, que eviti la col·lisió del cap contra els rígids conjunts mecànics situats sota ell, s'estaran disminuint en bona mesura els danys al vianant. Una peça clau del sistema és el propi capó, apareixent de forma progressiva una nova generació de capós pensats per esmorteir l'impacte del cap (Peña, 2006).

5.10.1. Nous models de capó

Quan el cap impacta sobre el capó, provoca una deformació en ell que s'inicia en el primer punt de contacte i es desplaça, en forma d'ones circulars, cap a l'exterior. La capacitat d'amortiment del capó i, per tant, el seu nivell de protecció, està relacionada amb la seva rigidesa. La rigidesa depèn de factors com el disseny del panell exterior i de la seva armadura interior, del material, de l'espessor de la xapa i de l'ocupació d'adhesius, etc.

El disseny tradicional dels capós presenta un panell exterior reforçat per un esquelet metàl·lic interior, com es pot observar en la figura següent. Aquesta estructura està pensada per controlar el plegat del capó i evitar la seva intrusió en l'habitacle davant un impacte frontal; però dóna lloc a zones molt resistents i amb una capacitat d'absorció d'impactes molt limitada.



Figura 5.43 Disseny de capó tradicional. Font: "Peña, A. 2006".

Per aquest motiu, s'han desenvolupat noves estructures per als capós, capaços d'absorbir els impactes i minimitzar els danys al davant en el cas d'atropellaments.

Una solució és augmentar el nombre d'elements rígids que divideixen el panell interior, això fa que la rigidesa sigui més homogènia a pesar que segueixin quedant alguns punts rígids. Una altra solució és canviar l'estructura interior del capó per una que defineix per un panell continu al que, mitjançant estampació, se li ha dotat d'una configuració consistent en múltiples cràters en forma de tronc de con.



Figura 5.44 Nous dissenys de capó. Font: "Peña, A. 2006".

Aquesta estructura i l'ocupació d'un adhesiu elàstic intercalat entre aquests cons i el panell exterior aconseguen absorbir un impacte de forma efectiva al llarg de tota la superfície del capó.

El principal avantatge d'aquesta solució és la possibilitat d'ajustar la capacitat d'absorció actuant sobre la geometria dels cons (diàmetres superior i inferior, altura del con), distància

entre cons i tipus i quantitat de l'adhesiu empleat. A més, aquest concepte ofereix un altre avantatge i és que permet emprar xapa de menor espessor i així obtenir capós més lleugers. Els dos materials més usats per a la fabricació de capós són l'acer i l'alumini (Peña, 2006).

A més, cal esmentar que determinats models de vehicles estan començant a muntar capós actius, dotats d'un sistema de seguretat, dissenyat per elevar el capó a una determinada altura, esmorteint l'impacte entre el vianant i el vehicle.

El sistema està constituït per un sensor d'impactes per a vianants, muntat sobre la travessa del para-xocs, consistent en un anell de fibra òptica, i dos desceleròmetres situats per darrere del para-xocs (un a cada costat). En cas de col·lisió, aquests elements envien la informació al mòdul de control i, si aquest interpreta que es tracta d'un vianant i que el vehicle està dins de la gamma de velocitats predeterminada, dispara dos pirotècnics, que alliberen els pestells dels panys i, el capó, mitjançant un accionament mecànic, retrocedeix cap a enrere i cap amunt simultàniament.

D'aquesta manera, l'energia que absorbeix la deformació del capó redueix la força de l'impacte que pogués recaure sobre el cap i l'esquena de la persona impactada.



Figura 5.45 Dispositiu pirotècnic d'un capó actiu. Font: "Peña, A. 2006".

En cas d'un accident entre dos vehicles, aquest sistema no s'activa, i quan està estacionat, el mecanisme de protecció està bloquejat. Aquests desenvolupaments també tenen la seva incidència en el taller reparador. En línies generals, es tracta de capós totalment tancats, amb el que qualsevol petita deformació caldrà reparar-la amb martell d'inèrcia, treballant des de l'exterior.

Si es tracta d'un capó actiu, cal tenir en compte les recomanacions del fabricant, pel que concerneix la manipulació dels diferents elements i a les seves possibilitats de reutilització.



Figura 5.46 Seqüència d'atropellament amb capó actiu. Font: "Nissan: Pop up Engine hood for pedestrian protection. 2010".

Si bé, a part del capó actiu, també existeixen una sèrie de projectes europeus encaminats a dissenyar nous models de vehicles per evitar accidents i reduir-ne la gravetat (Aprosys), detectors de proximitat per evitar col·lisions (Watch-over) i fins i tot nous models de vehicles amb Airbags exterior per a protegir els vianants.

5.10.2. Advanced Protection Systems (APROSYS)

Es tracta d'un sistema que se centra en el desenvolupament científic i tecnològic en el camp de la seguretat passiva. El camp de la seguretat passiva es refereix, en particular a la biomecànica humana, el vehicle i la infraestructura de resistència als xocs i els ocupants, així com els sistemes de protecció d'usuaris de les carreteres.

L'objectiu general d'APROSYS és el desenvolupament i la introducció de tecnologies crítiques que milloren la seguretat passiva per a tots els usuaris de les carreteres europees en tots els tipus d'accidents i les seves gravetats. El consorci està format per 51 socis: 9 principals fabricants de vehicles, 8 proveïdors i altres indústries, 4 pimes, 13 universitats, 13 instituts d'investigació, 4 organitzacions representatives dels 12 Estats membres de la UE (IST-World, 2009).

Així, el projecte està encaminat a desenvolupar els següents nou punts:

- Nous criteris de lesions i tolerància als danys.
- Nous models matemàtics del cos humà.
- Nou món maniquí harmonitzat per a la representació d'impactes laterals.

- Coneixements i eines que permetin la millora del disseny, implementació i avaluació de la seguretat intel·ligent de sistemes.
- Tecnologia de proves virtuals per al disseny i l'avaluació dels mètodes de protecció de xoc.
- Sistemes de protecció avançada per a la reducció de lesions dels vianants i els ciclistes.
- Sistemes de protecció avançats incloent estratègies de compatibilitat per a la reducció de lesions dels ocupants del vehicle.
- Sistemes de protecció avançada per a la reducció de danys en el tipus d'accident més rellevant que inclogui camions pesats.
- Sistemes de protecció avançada per a la reducció de lesions de pilots de motocicletes.

L'equip APROSYS també va desenvolupar una metodologia d'avaluació genèrica per als sistemes de seguretat d'adaptació, tenint en compte les situacions d'accident, tipus de sensor i altres factors.

Es van desenvolupar un conjunt de models de vehicles genèrics que representen diversos tipus de vehicles, que poden ser utilitzats per la indústria per avaluar una àmplia gamma de condicions d'accident i escenaris, inclòs el vehicle a vehicle, camioneta a vehicle, de vehicle a vianants i vehicles contra bicicletes o motocicletes.

També es van desenvolupar nous mètodes d'avaluació dels sistemes de protecció dels usuaris més vulnerables –com són els vianants, ciclistes i motociclistes–. Els exemples de les recomanacions en aquesta àrea inclouen una nova barra de seguretat per a camions, estratègies para-xocs actius i coixins de seguretat per a vianants en els parabrises, així com un disseny millorat i un casc protector de tòrax per als motociclistes.

Segons APROSYS, el desenvolupament de noves característiques de seguretat passiva es tradueix directament en vides salvades. Per exemple, les estimacions indiquen una possible reducció del 50% dels accidents mortals en impactes frontals quan les noves mesures de seguretat passiva i integrades estan al seu lloc. Per als impactes laterals s'esperen reduccions de mortalitat de fins al 40%, i per als ciclistes i vianants, 25 i 30% respectivament (ID-Consortium, 2013).

5.10.3. WATCH-OVER

El projecte WATCH-OVER pretén evitar accidents de trànsit que involucren als usuaris més vulnerables de la via, és a dir, els vianants, els ciclistes i motociclistes, en àrees urbanes i extraurbanes. Aquest objectiu està en línia amb les polítiques europees i les ambicioses metes de reduir a la meitat les morts en carretera. Es tracta d'un projecte finançat per la European

Comission Information Society Technology (IST). El 2002, al voltant d'un terç del total d'accidents mortals per carretera eren usuaris vulnerables de la via (EC, 2006).

El sistema WATCH-OVER es compon de diferents elements que cooperen en la detecció dels usuaris vulnerables de la via en escenaris urbans o extraurbanes. El sistema permet la cooperació dels diferents agents que es comuniquen entre si per tal d'intercanviar dades i compartir informació. *Vegeu la fig. 5.47.*

Mentre un vehicle es mou al llarg d'un camí, dos sistemes de detecció s'encarreguen de la recopilació d'informació de l'escenari extern, un dispositiu sensor de visió i un mòdul de comunicació.

De manera que vianants i ciclistes que es troben en una posició potencialment perillosa al davant o prop d'un vehicle equipat amb el sistema WATCH-OVER s'identifica amb el sensor de visió que reconeix objectes i moviments i amb el mòdul de comunicació que recull els senyals de resposta en l'àrea coberta. El dispositiu sensor de visió se centra en la part frontal del cotxe i reconeix els objectes i el seu moviment. El mòdul de comunicació cerca per respondre senyals en l'àrea coberta de l'antena i calcula la posició relativa de cada senyal de resposta.

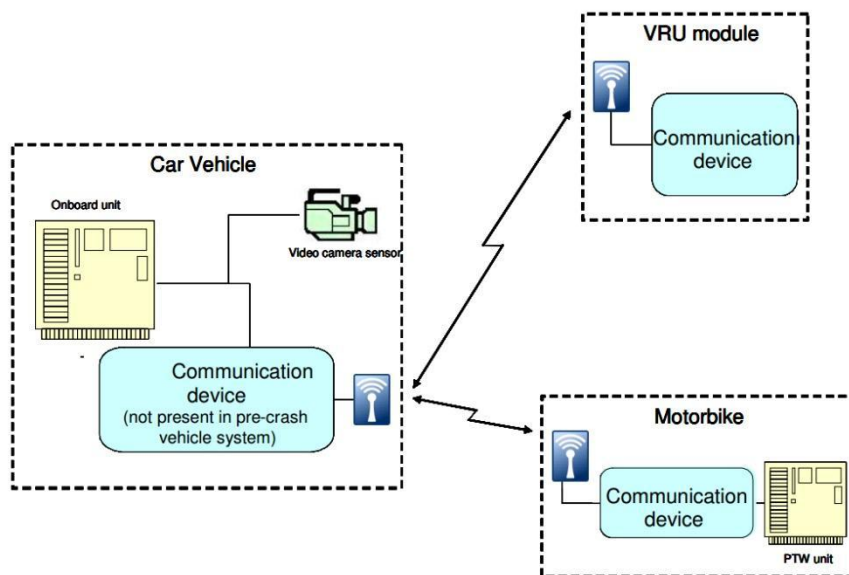


Figura 5.47 Esquema de l'arquitectura de WATCH-OVER. Font: "Meinken, 2007".

El dispositiu integrat recull les diferents entrades i avalua el nivell de risc de possibles trajectòries de col·lisió per mitjà de la fusió de dades. En cas que el nivell de risc passi d'un cert llindar, hi haurà un avís per al conductor i un per al mòdul VRU (Meinken, 2007). La figura anterior ofereix una visió general de les tecnologies utilitzades per als diferents actors involucrats del sistema WATCH-OVER. Per a l'observació general, el sensor de la càmera de vídeo s'utilitza en tots els fabricants de vehicles automòbils, el mòdul de comunicació estarà

present en un dels vehicles del fabricant d'automòbils i, a més, hi haurà un mòdul d'usuari de la via que s'acobla amb la comunicació de curt abast la tecnologia.

La idea darrere d'aquest enfocament és que l'arquitectura WATCH-OVER ha de garantir:

- Un escenari de cobertura més ampli incloent punts cecs.
- Una arquitectura flexible i obert.

Basat en l'ús de tecnologies més prometedores de comunicació en combinació amb la majoria de les tecnologies de sensors de visió prometedors de l'arquitectura WATCH-OVER, fan que el sistema presenti les bases d'un sistema eficaç per a la prevenció d'accidents per seguir avançant en els resultats dels projectes europeus anteriors (Meinken, 2007).

Una altra tecnologia en desenvolupament al servei de la seguretat vial és el sistema de visió nocturna, el qual proporciona un augment de la visibilitat del conductor en la foscor i en condicions de baixa visibilitat. El sistema mostra la situació de la carretera en temps real en una pantalla integrada en el tauler d'instruments o bé projecta la imatge en el propi parabrisa.

Un avanç d'aquest sistema és el sistema de visió nocturna amb la capacitat de detecció de vianants. El sistema actiu reflecteix la situació davant del vehicle amb molt contrast, però també avalua la imatge i detecta els vianants, per ressaltar-los després en la pantalla.



Figura 5.48 Sistema de visió nocturna i detecció de vianants. Font: “Centro Zaragoza”.

El sistema rastreja la calçada amb uns focus infrarojos que són imperceptibles per a l'ull humà i una càmera que es troba darrere del parabrisa capta el que passa davant del vehicle. Totes les imatges que es generen així són després processades per un mòdul de control i es mostren en una pantalla d'alta resolució situada en el quadre de comandament del vehicle.

El sistema d'infrarojos té un abast de 150 metres. Per detectar vianants, un mòdul de control

específic analitza la imatge que emet la càmera punt a punt pel que fa a uns patrons específics. Uns algorismes d'avaluació permeten una captació molt diferenciada d'aquests patrons. Si el sistema identifica en un flux d'imatges objectes que es mouen amb característiques típiques de vianants, realça a les persones de forma específica en la imatge de la pantalla (Gálvez, 2011).

5.10.4. Airbags frontals

Els Airbags formen ja part de l'equip obligatori de tots els vehicles nous venuts en la Unió Europea. Un turisme actual pot tenir des d'un mínim de dos, fins a un màxim de 10, encara que aquesta xifra augmenta contínuament.

Fins ara, tots els coixins de seguretat havien estat col·locats a l'interior del vehicle, ja que és en l'habitacle on es troben els ocupants, la integritat física dels quals és el que es pretenia preservar. No obstant això, amb el segle XXI també han arribat nous requeriments per a l'automòbil i un d'ells és resultar menys letals per als vianants en cas d'atropellament.

Per aconseguir-ho, algunes marques de components han desenvolupat àrees frontals semi flexibles, capaces de deformar-se per absorbir part de l'impacte. D'aquesta forma s'eviten lesions greus en les víctimes, com a fractures del maluc o del cap del fèmur, en els adults, i en tòrax, espatlles i cap en el cas dels nens.

Altres constructors han suplantat això amb capós actius que s'eleven uns centímetres en cas d'impacte, per esmorteir l'impacte del cap contra la part superior del motor, generalment situada a escassos mil·límetres per sota del capó.

També s'estan desenvolupant coixins de seguretat de cortina, que es desplegaran per sobre del parabrisa, per evitar l'impacte del atropellat contra el vidre.

No obstant això, la majoria dels atropellaments amb vehicles 4x4 segueixen resultant letals per als vianants gairebé a qualsevol velocitat (Lizundia, 2008). Els seus grans frontals, la seva major altura, a més de la seva enorme massa, fan que aquests vehicles siguin 2,5 vegades més letals que els cotxes.

En vista d'això, la firma sueca Autoliv ha començat a dissenyar un sistema de coixins de seguretat exteriors per als tot-terreny. El primer problema que van trobar els enginyers va ser que a causa de les peculiaritats dels 4x4, els dispositius no poden desplegar-se en el moment de l'impacte, sinó que han de fer-ho amb antelació, abans que el vianant sigui colpejat. Per aconseguir-ho, els tècnics escandinaus han ideat un conjunt de dos coixins de seguretat, acoblats a un sensor, que pot ser tant un radar, com un localitzador d'infrarojos.

Aquest últim té la virtut de no veure's afectat per la pluja ni per la neu i, a més, la brutícia acumulada en la seva finestra afecta menys al seu rendiment. La borsa superior cobreix la

zona del radiador i de la vora davantera del capó que, en cas d'atropellament, produeix ferides molt greus en pit i abdomen.

En les proves dutes a terme amb ninots de simulació (*dummies*), la fatalitat de l'impacte a 40 km/h es redueix de 99% a tan sols 3%. Un "subxasis" col·locat sota el para-xocs és també desplegat en cas d'atropellament imminent. D'aquesta manera es redueixen en un 50% les possibilitats de destrossa de fèmur i de genoll.



Figura 5.49 Airbags exteriors en vehicles tot terrenys. Font: "European Automotive Design, 2008".

D'altra banda, aquest dispositiu també resulta molt útil en cas d'impacte contra el lateral d'un turisme. Quan això succeeix, a causa de la diferent altura dels vehicles, el 4x4 colpeja per sobre de les barres de seguretat instal·lades en les portes, i el morro penetra a l'interior del vehicle. De fet, una col·lisió d'aquest tipus és gairebé 50 vegades més letal per als ocupants del turisme que un impacte similar amb un altre cotxe (Lizundia, 2008).

6. L'ATENCIÓ A LA CONDUCCIÓ I ELS ERRORS DE MANCA D'ATENCIÓ

6.1. L'atenció a la conducció i la seva aplicació al trànsit

De cara a definir el concepte d'atenció, no només en l'àmbit de la conducció sinó des d'una perspectiva global, caldria abans definir una sèrie de conceptes previs:

- **Sensació:** Anàlisi que s'inicia als receptors sensorials i finalitza amb la integració de

la informació sensorial al cervell.

- **Percepció:** Procés que es construeix a partir de les experiències i expectatives i no sols a partir de les sensacions que pugin al cervell.
- **Llindar absolut:** Estimulació mínima necessària per detectar un estímul específic. S'estableix després de presentar al subjecte un estímul i ser detectat el 50% de les vegades que apareix. Els estímuls que són detectats per sota del llindar absolut i que són detectats mitjançant un mecanisme inconscient reben el nom de estímuls subliminals.

Per tal d'aclarir els conceptes de sensació i percepció posarem el següent exemple. Suposem que una persona es troba amb la presència d'un animal perillós, i els seus ulls envien al cervell la informació sobre aquesta presència (es tracta d'un procés sensitiu).

Ara bé, si aquesta persona no té constància de l'existència d'aquest animal i no ha entrat mai en contacte amb ell, potser no reaccionarà davant aquesta presència, la qual cosa el pot dur a afrontar una evident situació de risc (sense contemplar mecanismes inconscients associats a una memòria com a espècie que li poden induir a tenir una certa consciència del risc).

En canvi, si ja ha tingut una experiència prèvia (pròpia o d'un altre) amb aquesta mena d'animals, tendirà a prendre precaucions o a desenvolupar mecanismes de reacció quan es trobi amb aquesta mena de presències (es tractarà doncs d'un procés de percepció).

Aquesta mena d'exemple pot ésser així mateix extrapolat amb una situació relacionada amb el trànsit. Així doncs si una persona que ha viscut tota la seva vida a una petita vila sense gaire trànsit i on només hi ha una petita calçada amb un sol carril, i arriba a una gran ciutat, pot ser que tracti de creuar una gran avinguda amb 8 carrils, amb el mateix nivell d'atenció amb el qual creuava la petita calçada de la seva població, amb l'evident risc que això comporta (DGT, *Los accidentes de circulación: Concepto de accidente de circulación. Sus clases. Definiciones, 2005*).

Un vianant que únicament ha transitat en petites poblacions amb vies estretes i un trànsit de vehicles molt reduït, efectuarà el creuament de la via amb un nivell d'atenció moderat.



Figura 6.1 Seqüència d'un atropellament amb un nivell d'atenció moderat. Font: Elaboració pròpia.

En canvi, una persona acostumada al trànsit de les grans ciutats que ha vist i llegit els nombrosos atropellaments que es produeixen a les grans vies, i que té constància de les situacions de risc que de vegades prenen tant conductors com vianants, extremerà les mesures de precaució, creuant només amb fase semafòrica favorable i mantenint una actitud d'alerta mentre procedeix a creuar la via.

En la següent figura, s'observa una persona que ha viscut tota la seva vida en una gran ciutat, i que extremerà les mesures de precaució a l'hora d'efectuar l'encreuament de la via en disposar d'experiències prèvies que li permeten tenir una percepció de la situació real de risc.

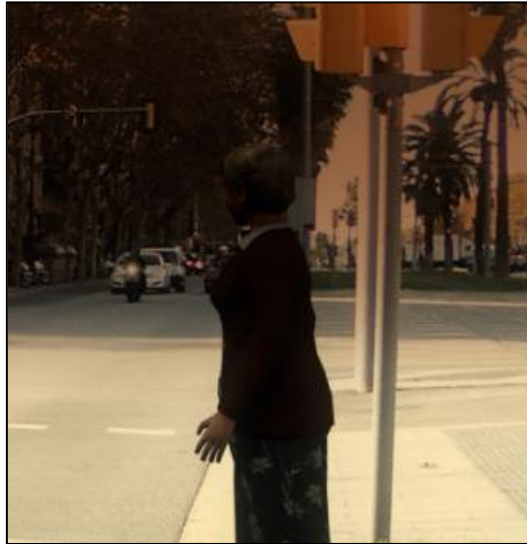


Figura 6.2 Simulació d'un nivell d'atenció elevat. Font: Elaboració pròpia.

Així doncs, podríem definir la percepció com la interpretació secundària de les sensacions en base a la experiència i als records previs.

L'*atenció* és un procés mitjançant el qual es seleccionen els estímuls més rellevants de cara a percebre'ls millor. L'*atenció* pot ser definida com a un mecanisme de control, ja que tot procés cognitiu requereix d'una ordre i una supervisió per tal de ser adequats a un objectiu.

Dues definicions històriques d'*atenció* són:

- “Mecanisme central de capacitat limitada, la funció primordial del qual és controlar i orientar l'activitat conscient de l'organisme de cara a un objectiu determinat” (Tudela, 1992).
- Procés mitjançant el qual podem dirigir els nostres recursos mentals sobre alguns aspectes del medi, els més rellevants, o bé sobre l'execució de determinades accions que considerem més adequades entre les possibles. Fa referència a l'estat d'observació i d'alerta que ens permet prendre consciència d'allò que ocorre al nostre voltant” (Ballesteros, 2000).

Les funcions de l'*atenció* són:

- Exercir un control sobre la capacitat cognitiva.
- Activar l'organisme front a situacions noves i planificades, o no prou apreses.
- Prevenir l'excessiva càrrega d'informació.
- Assegurar un processament perceptiu adequat dels estímuls sensorials rellevants.

- Estructurar l'activitat humana. Facilita la motivació conscient front al desenvolupament d'habilitats i determina la direcció de l'atenció (motivació).

Es poden distingir els següents tipus d'atenció:

Taula 6.1. Classificació basada en la proposta de Ballesteros (2000). Font: "Curso de Psicología Básica de la Universidad de Alicante".

Criteri	Tipus d'atenció	
Origen i naturalesa dels estímuls	Atenció interna	Atenció externa
Actitud del subjecte	Voluntària / Activa	Involuntària / Passiva
Manifestacions motores i fisiològiques	Oberta	Encoberta
Interès del subjecte	Dividida	Selectiva / Focalitzada
Modalitat sensorial	Visual / Espacial	Auditiva / Temporal

Tipus d'atenció	Situacions representatives
Interna	Atendre a les sensacions físiques internes que apareixen en l'estat de relaxació
Externa	Atendre a les senyals de circulació durant la conducció
Voluntària / Activa	Prestar atenció a la lliçó magistral del professor
Involuntària / Passiva	Oriental-se cap a un so estrepitós que prové de fora de l'aula just després d'escoltar-lo
Oberta	Oriental-se cap a un so estrepitós que prové de fora de l'aula just després d'escoltar-lo
Encoberta	Intentar d'escoltar la conversació del grup que tenim al nostre costat discretament
Dividida	Realitzar un treball a l'ordinador, escoltant la ràdio i esperant que la rentadora acabi
Selectiva / Focalitzada	Atendre a una persona que parla en un ambient sorollós
Visual / Espacial	Part de l'atenció implicada en veure una pel·lícula
Auditiva / Temporal	Atenció implicada en escoltar la ràdio
Global	Grau d'activació d'un subjecte acabat de sortir del coma
Sostinguda	El treball d'un controlador aeri és un bon exemple

L'aplicació al trànsit. L'actual model de transport individual implica, per una banda, independència, llibertat i autonomia dels usuaris i, per altra, el necessari respecte del sistema

reglat. Aquest factor genera que, si bé a priori la conducció és una activitat individual que dóna llibertat al conductor, en realitat implica una activitat col·lectiva on el respecte a les normes és fonamental perquè no entrin en conflicte les diferents llibertats dels usuaris de les vies.

Això implicarà doncs que els conductors hauran de efectuar una conducció atenta tant a les circumstàncies de la via i de la resta de vehicles i usuaris, com a les diferents senyals i normes establertes a l'hora de conduir (DGT, 2011).

Factors a tenir en compte a l'hora de valorar l'actitud dels conductors i el seu grau d'atenció, són els següents:

Importància de les repercussions. La capacitat de la conducció de provocar ansietat en els usuaris i la nul·la o baixa experiència vital dels mateixos de veure's en una situació on corren un possible perill físic, provoca reaccions de molt divers tipus. Algunes són molt favorables per a una bona actitud davant el trànsit, encara que d'igual manera afavoreixen l'aparició de comportaments i actituds clarament perilloses i en contra dels principis de la Seguretat Vial (Nunes, 2008).

Per tant, el tenir consciència de les repercussions pot generar nivells d'ansietat molt elevats en els conductors, al mateix temps que l'absència de la mateixa pot provocar comportaments agressius i perillosos.

Hàbitat diferenciat. Sovint els conductors de vehicles poden adaptar la seva reacció a l'hora de conduir a paràmetres que regeixen la seva personalitat i la seva forma de comportar-se en altra mena d'àmbits de la seva vida personal però, per altra banda, es tracta d'una activitat diferenciada que pot provocar comportaments diferents als que serien habituals en altra mena d'àmbits de la seva vida.

Sobre la conducció recauen certes característiques, algunes d'elles ja citades, com la paradoxa d'un sistema que promou l'autonomia de moviment i d'altra banda encotilla el comportament vial en un sistema normatiu i punitiu poc habitual per a moltes persones. A més, la conducció és un hàbitat físic determinat, enclaustrat i anònim que pot afavorir comportaments i actituds que no apareixen en altres àmbits personals, com el familiar o el laboral.

Confrontació entre el factor individual i el social. La conducció de vehicles presenta, per una banda, una actitud molt individual (aïllament a l'habitacle, no comunicació verbal amb altres persones,...) i per altra, requereix una comunicació constant i fluida amb la resta d'usuaris de la via. Aquest factor provoca de vegades certs conflictes, que amb conductors amb un perfil poc solidari, agressiu i poc respectuós amb els altres pot donar lloc a situacions molt perilloses per a la resta d'usuaris i fins i tot per si mateix.

Així, el *Manual de Psicologia Aplicada a la Conducció*, editat per la DGT el desembre del 2008, estableix que la tensió d'una activitat que reforça el més egocèntric dels usuaris, quan

d'altra banda cal reclamar la capacitat dels mateixos d'establir i desenvolupar totes les seves habilitats d'interacció social, no sempre es resol de forma saludable i útil, apareixent fenòmens gens desitjables, tenint un pes importantíssim les variades facetes del comportament agressiu (Nunes, 2008).

Així doncs, en la conducció la capacitat i el grau d'atenció dels conductors presentarà fortes variacions, a la vegada que existeixen certs perfils personals amb una propensió cap a la generació de situacions de risc o accidents, tot i que fins i tot ells no es troben directament implicats en els mateixos, i que per tant, representen un greu problema per al col·lectiu de conductors.

Tot i això, la identificació i capacitat de punició d'aquests conductors de vegades no esdevé una tasca trivial. De manera que es pot afirmar que els conductors de vehicles presenten diferents patrons a l'hora de conduir així com en la capacitat d'atenció o de reacció front a una situació de risc.

Amb la finalitat d'il·lustrar la importància del factor d'atenció en el trànsit, com actua, així com els patrons comuns i singulars que el determinen, a continuació es recullen diferents experiències i simulacions relacionades amb el factor d'atenció per part dels conductors de vehicles.



Figura 6.3 Diverses maneres d'interpretar una situació de risc. Font: Elaboració pròpia

En el camp de la conducció, alguns treballs experimentals il·lustren la relació entre l'economia de recursos i les demandes de la tasca. En un estudi en el qual es demanava als subjectes que conduïssin tancant els ulls per períodes tan llargs com els anés possible per mantenir la condició de sentir-se segurs, es va trobar que els conductors tancaven els ulls per lapsos de temps més llargs en situacions de carreteres buides que en situacions de trànsit dens (Safford, 1971).

En el mateix estudi de Safford realitzat a Anglaterra, es va demostrar que sota condicions de baixa demanda, com per exemple, en situacions de trànsit fluid, els conductors eren capaços de realitzar tasques secundàries sense cap detriment de la tasca primària (la conducció), mentre que, en situacions de trànsit dens, es va observar una deterioració significativa en

alguna de les dues tasques o en ambdues.

Com interpretar aquests resultats? Això significa que, en la situació de “baixa demanda”, el conductor disposa d'una capacitat de processament sobrant que li permet assumir correctament les dues tasques, mentre que, en augmentar la demanda de la conducció, la demanda total de les dues tasques pot ser superior al límit de la capacitat de processament i, per això, s'observa un deteriorament en l'execució.

Un altre treball, publicat per J. Luoma, aborda el tema de la interacció entre la informació rellevant i la irrellevant en la conducció. Un dels objectius era avaluar la influència de tanques publicitàries situades en els marges de les carreteres (Houtenbos, 2009). Fent una avaluació del temps invertit en observar els anuncis en diferents condicions, es va identificar que si bé els conductors prestaven alguna atenció a les tanques, no ho feien indiscriminadament, independentment de les condicions del trànsit, sinó que, quan la tasca de la conducció adquiria major complexitat, hi havia una tendència a parar esment al trànsit, prescindint de la informació irrellevant (la tanca).

En definitiva, l'individu ha de buscar una estratègia que li permeti realitzar eficaçment la tasca amb el mínim consum de processament, de tal forma que deixi lliure una quantitat suficient per processar conscientment la informació ja seleccionada, així com disposar d'una reserva de seguretat que li permeti processar informació addicional en una situació d'emergència, amb la finalitat d'evitar un possible accident.

Dels paràgrafs anteriors es pot concloure que la capacitat per discernir entre la informació rellevant i la supèrflua, que implicarà l'adopció d'actituds tant d'indole motora com d'indole observacional per tal d'anticipar les situacions de risc, serà fonamental a l'hora d'evitar els accidents de trànsit.

Així doncs, els conductors experimentats tenen uns patrons d'observació que són més flexibles i per tant, tenen major capacitats per percebre les veritables situacions de risc que els conductors novells.

Un altre factor a tenir en consideració és el de l'entrenament de l'atenció. En aquest aspecte es poden distingir 5 punts fonamentals:

- Mirar el més lluny possible.
- Explorar sistemàticament (per visió directa o mitjançant els miralls retrovisors).
- Percebre el conjunt de la situació.
- Buscar maniobres evasives en cas d'urgència.
- Incrementar la possibilitat de ser vist.

Per tal de concloure la definició d'atenció, cal introduir el concepte de distracció, que pot ser

definida com l'atenció a una cosa que no és rellevant o la pèrdua de la informació que sí ho és.

Els factors que faciliten les distraccions poden tenir un caràcter associat a l'individu (els que anomenarem factors endògens), com poden ser la són o la fatiga o associats a l'entorn o activitat (els que anomenarem factors exògens), com poden ser l'activitat realitzada o un cert estímul extern que centra la nostra atenció.

Els accidents de trànsit mortals causats per conductors distrets van augmentar un 17% entre 2006 i 2010, d'acord amb un estudi publicat a *Transport Canada* (NM, 2013). Els experts asseveren que l'ús de telèfons cel·lulars és una de les causes principals d'aquest augment registrat. Entre els anys estudiats, el nombre de morts atribuïbles a distraccions quan s'està darrere del volant van passar de 302 a 352 respecte als cinc anys previs, segons les dades donades per l'agència canadenca.

Estudis demostren que les distraccions en el volant són la causa entre el 30 i 80% del total de xocs. L'ús del telèfon cel·lular està reconegut com una de les distraccions importants considerades en aquesta categoria (UPC, 2009).

Tot i que els experts coincideixen que l'ús dels cel·lulars és responsable d'una bona part de l'augment registrat, encara és difícil mesurar aquest fenomen de forma precisa, doncs en molts casos resulta impossible confirmar la informació, per molts indicis que existeixin (NM, 2013).

6.2. Factors endògens productors de distraccions

La motivació en general i en el camp del conductor, té a veure amb un conjunt de relacions entre variables que expliquen la direcció, amplitud i persistència de la conducta d'un subjecte, si es neutralitzen o es mantenen constants els efectes de les aptituds, destreses i compressió de les tasques, així com les constriccions i limitacions que operen en l'ambient o situació (Toledo, 2006).

Com ja hem comentat anteriorment existeixen tota una sèrie de factors personals que produeixen que les característiques de la conducció i el grau d'atenció del conductors sigui molt variable. Així mateix, un mateix conductor pot presentar diferents comportaments en funció de l'estat anímic en el qual es troba (Montoro, 2000).

Tot seguit es determinen els factors endògens que poden determinar el tipus de conducció que efectua un conductor:

L'estat emocional. La forma i atenció de la conducció presenta una forta dependència amb l'estat emocional del conductor. Així, els estats eufòrics porten a distorsions en les percepcions d'elements vials, de les capacitats pròpies i en la valoració del comportament de la resta d'usuaris. Per altra banda els estats depressius poden comportar una desactivació del

sistemes bàsics de percepció, atenció i presa de decisions, així com efectes sobre el sistema psicomotor.

Influència de factors traumàtics. El veure's sotmès a circumstàncies traumàtiques en l'entorn afectiu, laboral o personal, pot tenir una repercussió directa en la conducció del vehicles. Així mateix els estats d'eufòria, associats a per exemple una celebració esportiva, tenen una influència directa sobre la forma de conducció. Tot i això, les variacions associades a aquests fenòmens presenten molta dependència amb el subjecte que les pateix.

Impacte associat a la pròpia activitat de conduir. Existeixen tota una sèrie de factors, que fan que el comportament de les persones en activitats de conducció no sigui el seu comportament habitual o que petites manifestacions de la seva personalitat es vegin magnificades quan efectua una conducció d'un vehicle.

Així per exemple, les nombroses situacions condicionants i que anul·len l'autonomia i independència de les persones en àmbits socials, laborals o familiars poden implicar que el sentiment d'autonomia que confereix un vehicle (que fins i tot és explotat en termes comercials) sigui magnificat pel seu conductor, en la mesura que en aquest àmbit pot exercir un control i una autonomia de la qual no disposa en altra mena d'àmbits (Chisvert, 2000).

Un altre factor a considerar és el fet de la responsabilitat que comporta la conducció en la mesura que implica un risc per a la seva pròpia vida o la dels altres. Així, una conducció prudent pot produir en el conductor una sensació de responsabilitat, autocontrol o suficiència.

D'altra banda, persones amb menys respecte per la seva vida o per la dels altres poden assumir actituds agressives en la conducció experimentant un cert plaer, provocant situacions de risc o de control sobre la resta.

Segons INTRAS, una de les situacions socials on existeixen més agressions, és en la conducció. Un de cada quatre conductors sofreix, de forma ocasional problemes emocionals en el seu automòbil; al costat d'això, un de cada quatre es pot considerar perillós per ser impulsiu, estressat, amb poca paciència, competeix contra si mateix, contra el temps i contra els altres (Toledo, 2006).

Fenòmens associats al joc i a conceptes lúdics. És relativament freqüent, especialment entre la gent jove, el fet d'efectuar una conducció lúdica i competitiva. De tal manera que es produeixen carreres entre vehicles i concursos per exemple de realització de "virolles" que poden acabar produint situacions de risc o fins i molt sovint derivant en accidents. L'exhibicionisme i l'amor al risc, al costat de la incorrecta apreciació d'aquest, la competitivitat i la sobrevaloració de les pròpies capacitats són factors de comportament la plasmació del qual en velocitats excessives resulta totalment evident.

Comportaments exhibicionistes i d'autoafirmació. És habitual que la gent projecti al seu vehicle i a la seva forma de conduir comportaments exhibicionistes. D'aquesta forma un

vehicle gran, ostentós, potent o bell, pot ser utilitzat per a tractar de transmetre aquestes qualitats de la persona (en moltes ocasions es tracta de qualitats de les quals la persona que fa l'ostentació té en realitat una manca, però que projecta sobre l'objecte, en aquest cas el vehicle). D'altra banda, es poden donar comportaments d'autoafirmació en la conducció tals com sentir que es té el control sobre la teva vida o sobre les circumstàncies que t'hi envolten (UPC, 2009).

La son. Segons les dades estadístiques, són molts més els accidents que es produeixen durant el dia. Però són precisament els nocturns els que solen derivar en major nombre de morts i lesions greus. L'accident nocturn es mostra, així, com de conseqüències especialment perilloses. Segons dades de la Direcció General de Trànsit, el somni és el responsable del 20% dels accidents mortals a Espanya. La són no és perillosa si no es lluita contra ella. La conseqüència d'iniciar una escalada contra la són sol ser l'aparició de petits lapses de temps en els quals es produeixen pèrdues de control, que amb molta facilitat poden ser causa d'un accident.

Cal tenir consciència d'alguns comportaments específics que caracteritzen l'etapa anterior a l'adormiment, i que poden servir-nos com indicis per detectar un baix nivell d'atenció, i anticipar-nos a una situació d'alt risc (Nunes, 2008).

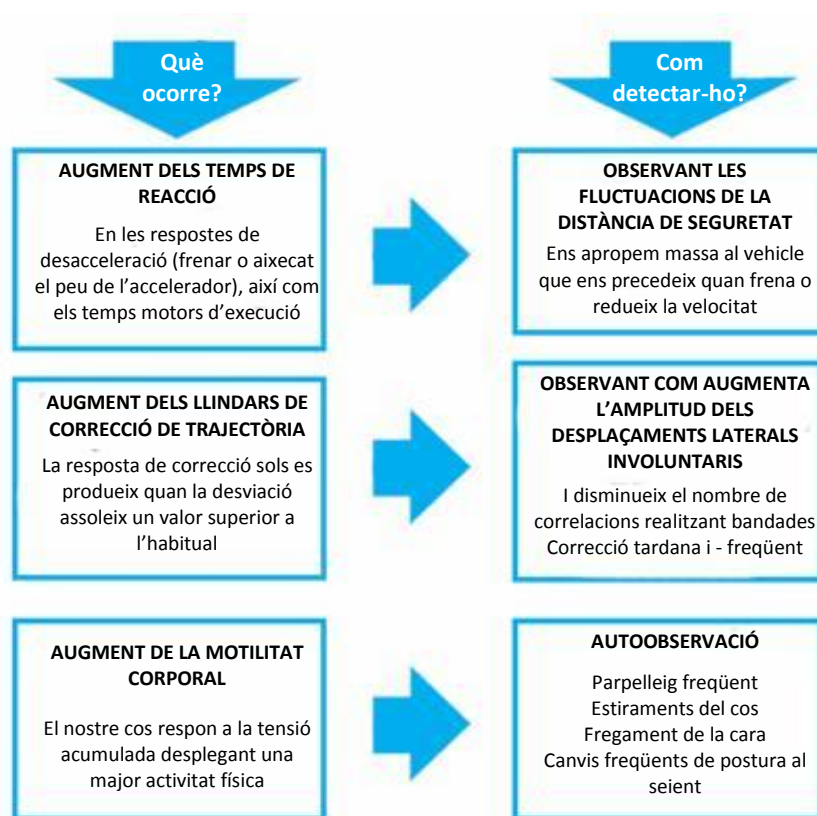


Figura 6.4 Efectes de la son en els conductors. Font: (Nunes, 2008).

La fatiga. En termes generals, la *fatiga* consisteix en un procés pel qual un sistema, qualsevol, orgànic o inorgànic, va perdent la capacitat de resposta als estímuls que li transmet una acció determinada. El cansament o la *fatiga* és considerada com un dels estats més perillosos quan es maneja un vehicle, puix que se sap que interfereix en el conductor en l'adequat processament d'informació i l'ajustada presa de decisions, la qual cosa es plasmarà en errors d'execució per realitzar la conducció dins de marges acceptables de seguretat.

Un dels treballs clàssics més interessants sobre el procés d'aparició de la *fatiga* i de les seves manifestacions va ser el dirigit per Nelson (1981) a la Universitat d'Alberta. Segons aquesta recerca, un primer indicador de la presència de fatiga implica l'aparició de canvis de postures, ajustos de la postura i moviments estereotipats. En un segon moment, sorgeixen dificultats per mantenir el nivell d'execució, la qual cosa es pot experimentar com a malaptesa, amb dificultat per concentrar-se o problemes motors (Toledo, 2006).

Hulbert, un altre important investigador, al seu torn també posa de manifest l'existència d'una sèrie de manifestacions en la conducta clarament observables que van en línia del anteriorment descrit: les distraccions freqüents, menor resposta, més moviments corporals, un descens brusc en el nivell de vigilància i habilitats, una major taxa d'errors i un alentiment en la recollida i processament de la informació (Toledo, 2006).

Segons l'estudi de "*Accidents de trànsit a l'entorn laboral*" es determina que hi ha un 44% de conductors que declara que circula 8 o més hores al dia i un 42,7% que circula entre 6 i 7 hores. D'acord amb aquestes dades sembla que la majoria dels conductors professionals dediquen moltes hores a la conducció, amb els seriosos perills associats a la fatiga que se'n deriven (Cabrerizo, 2003).

Finalment, és important ressaltar que la fatiga afecta fonamentalment a la capacitat per captar informació de l'exterior, més que al propi temps de resposta o a la velocitat dels moviments. Això podria portar en determinades ocasions a reaccionar amb rapidesa, però amb gran quantitat d'errors en la precisió o exactitud, la qual cosa en el context de la conducció pot ser especialment perillós.

La digestió dels conductors. El procés de digestió és un fenomen que requereix d'un elevat volum de sang per ser dut a terme. Aquesta sang que ha d'anar al estomac dels conductors, és sang que no irriga altres bandes del cos com ara el cervell, la qual cosa pot induir a estats de cansament o somnolència. Així doncs, no és recomanable que els conductors de vehicles facin dinars abundants i copiosos en períodes de conducció.

La ingesta d'alcohol o drogues. L'alcohol i les drogues són substàncies que produeixen alteracions de la personalitat i de la capacitat de reacció i percepció dels individus. Per la qual cosa, la seva ingesta ocasiona una evident afectació en l'atenció dels conductors de vehicles. Aquest fenomen serà desenvolupat al Capítol 7 de la present tesi.

6.3. Factors exògens productors de distraccions

Factors rutinaris de la conducció. Quan ens trobem desenvolupant una activitat rutinària, el nostre grau d'atenció es relaxa d'una forma evident. Per exemple en l'àmbit laboral de l'Ergonomia i la Psicosociologia Aplicada, és conegut el nombre d'accidents que es produeix en feines rutinàries i monòtones. Així doncs, la conducció, especialment en trams rectes d'autopista o autovia, pot esdevenir una activitat monòtona, que pot dur a terme associades altres activitats de risc com la son o les distraccions associades a la realització de tasques en paral·lel a la conducció (regular la radio, fumar, manipular el mòbil,...).

Factors que poden desviar l'atenció. A més dels ja esmentats factors associats a una activitat del conductor que poden desviar la seva atenció (sentir música, fumar, parlar amb el mòbil), existeixen tota una sèrie de factors externs que poden suposar una desatenció en la conducció (algun element ornamental de l'interior del vehicle, alguna tanca publicitària al voltant de la via, o fins i tot algun usuari de la via que generi en el conductor una especial atenció associada al seu físic o a la seva indumentària), o alguna mena de paisatge que desviï de l'atenció del conductor.

Factors associats al perfil de la via, a la seva senyalització o al entorn. Factors com la superposició d'elements bidimensionals sobre tridimensionals, o diferències entre el pla de percepció visual i el d'altres sentits com el vestibular (equilibri), per cenestèsia (muscular), tàctil o auditiu, poden generar distraccions o errors de percepció. Aquesta mena de situacions solen donar-se en la conducció de vehicles.

Factors associats a errors de percepció en distàncies, velocitats i temps. La percepció de distàncies, velocitats i temps presenta en gran mesura un component subjectiu. A més aquesta capacitat de percebre aquestes magnituds ve condicionada per elements com ara la grandària i orientació dels objectes de referència (en el cas de les distàncies), la pròpia velocitat del vehicle a l'hora d'avaluar velocitats d'altres elements o grau d'il·luminació a l'hora d'avaluar temps.

La variació brusca del grau d'il·luminació o la presència d'elements emissors de llum. Si es produeix una variació brusca del grau d'il·luminació o si sobre la via o al seus marges hi ha alguna mena d'element emissor de llum, aquest pot provocar, per una banda falta d'adaptació visual del conductor i per altra una distracció en relació amb el propi estat de la via.

La temperatura de l'habitacle. Una temperatura elevada a l'interior del habitacle, pot generar en els conductors un estat de somnolència o almenys de disminució de l'estat d'atenció. Aquest factor es pot veure agreujat en el cas de que el conductor hagi fet un dinar copios. Es considera una temperatura de confort en l'habitacle del vehicle a una temperatura de l'ordre de 24 °C.

6.4. Distraccions més freqüents

Les distraccions més freqüents que es produeixen en els conductors dels vehicles es troben associades a tasques que són realitzades pels mateixos de forma simultània a l'activitat de conducció. Així doncs poden destacar les següents activitats que són fonts de distraccions en conductors:

Manipular/Escoltar la ràdio. Són habituals les distraccions associades a escoltar música, o fins i tot adoptar actituds corporals rítmiques. El desenvolupament d'aquestes activitats en condicions normals de conducció no necessàriament ha de produir accidents, però si poden condicionar la no percepció de senyals, o en el cas d'una situació de risc moderat, associat al perfil de la via o la situació del trànsit i que seria de fàcil gestió en condicions de conducció normals, pot acabar per provocar un accident.

Parlar pel mòbil. Tot i ser una actitud que es troba sancionada a Espanya, el fet de parlar amb el mòbil mentre es condueix sense un dispositiu de "mans lliures", és encara una actitud habitual per part d'un gran nombre de conductors.

És evident que hi ha una creença que la majoria dels accidents es produeixen quan un conductor està aconseguint marcar o agafar un telèfon, a menys que un mòbil mans lliures utilitza el reconeixement de veu. Sense cap dubte, el telèfon de marcació manual pot tenir un efecte negatiu en la precisió en la conducció i potencialment en la seguretat de conducció, en gran part a causa de les exigències visuals del marcatge manual (Consiglio, 2001).

Així mateix, el fet de creuar la via parlant amb el mòbil és una actitud de risc per part dels vianants que acaba per provocar nombrosos atropellaments.



Figura 6.5 Simulació d'un vianant parlant pel mòbil. Font: Elaboració pròpia.

Manipular el mòbil. Actualment, els telèfons mòbils, a més de permetre establir converses de veu disposen de tota una mena de serveis com missatgeria instantània, connexions a Internet, jocs... Aquesta mena d'activitats mentre es condueix, impliquen una elevada situació de risc donat que a més de limitar la maniobrabilitat poden generar distraccions acústiques i per sobre de tot impliquen la distracció visual dels conductors.

Efectuar el creuament de la via pendent d'un animal de companyia. De vegades darrere d'alguns atropellaments es troba el fet que els vianants procedeixen a creuar la via al darrere d'un animal de companyia, la qual cosa implica que en el moment de creuar es troben més pendents de l'animal que no de l'estat de la circulació de la via.



Figura 6.6 Simulació d'un vianant pendent d'un animal de companyia. Font: Elaboració pròpia.

Efectuar el creuament de la via pendent d'un menor d'edat. Els nens tenen diferents necessitats i comportaments diferents als adults. A diferència dels vianants adults, els nens poden estar al carrer sense cap propòsit de viatge ja que poden estar recreant-se al carrer, anant en bici, practicant esports o jocs, o simplement socialitzant amb altres nens. Com a tal, els nens vianants s'exposen a comportaments arriscats per a vianants, fent cas omís de les lleis de trànsit i la negligència en les responsabilitats dels vianants (Kreamer, 2005).

Efectuar el creuament de la via en dinàmica de jòguing. De vegades es dona el fet que els vianants creuen la via d'una forma ràpida i distreta com a conseqüència d'alguna altra persona, que l'espera a l'altre costat de la via, o per tal d'apurar la fase semafòrica. Tal i com es veurà més endavant, aquest és un factor que resta temps d'evitabilitat del potencial atropellament.

Menjar/Beure/Fumar. És habitual que els conductors dels vehicles, especialment en trajectes llargs prenguin menjar, beguin o fumin una cigarreta. Es tracta d'activitats que per una banda limiten la mobilitat del conductor i per altra generen tota una mena de sensacions que poden distreure els conductors.

Així mateix cal fer una menció especial referència a les distraccions associades a informació exterior o interior del vehicle i que és aliena al procés de conducció.

Veure Anunci/Persona. De vegades als marges de les vies, es poden trobar elements de distracció de l'atenció del conductor, com cartells publicitaris suggerents, botiges o fins i tot vianants que per algun motiu tinguin la capacitat d'atreure l'atenció dels conductors (Recarte, 2003).

Paisatge. De vegades un paisatge suggerent o alguna mena de monument emblemàtic, pot així mateix, distreure l'atenció del conductor.



Figura 6.7 Paisatge que pot distreure l'atenció d'algun conductor. Font: Elaboració pròpia.

Parlar amb algú. El fet d'anar parlant amb algú al interior del vehicle, pot desviar l'atenció del conductor en la conducció, donat que té centrada l'atenció en el contingut de la conversa o en la persona amb la qual parla. La presència o no d'acompanyants dins del nostre vehicle o el dels altres, el nivell de relació o parentiu dels mateixos amb el conductor, trànsit dens, retencions, etc., mediatitzen la percepció i per tant el tipus de resposta davant el comportament dels altres.

Discutir. Existeixen altres situacions de la vida diària, que sense arribar a ser tan greus, generen també un perillós estrès, com les petites discussions, els sorolls, el no trobar aparcament, el treball accelerat, etc., que també es reconeix per diversos estudis, que donen lloc a un estrès gens beneficiós per a la conducció, produint fins i tot canvis en la taxa cardíaca, la secreció de neurotransmissors o alteracions en la conductància de la pell (Glass, 1972).

En tot cas, és indubtable que els esdeveniments vitals influeixen de manera considerable sobre la conducta de conducció dels subjectes, afavorint el risc d'accident, especialment si per solucionar la situació conflictiva, es recorre a la ingesta d'alcohol o altres drogues (Wagenaar, 1983).

En relació amb les conseqüències més freqüents que pot implicar les distracció dels conductors podem remarcar les següents:

No percebre un senyal. Una distracció pot provocar que el conductor no se'n adoni de la presència d'un senyal o que la seva interpretació sigui errònia. La no percepció de senyals o la seva mala interpretació pot donar lloc a nombrosos accidents. Quan es parla de visibilitat dels senyals, en realitat s'hauria de parlar de percepció, ja que, en ocasions, existeixen senyals la identificació dels quals presenta dificultats, a causa de la seva poca freqüència o a altres factors (deterioració, etc.)

La quantitat, longitud i tipus de la informació, influeixen sobre el temps necessari per a la lectura i comprensió de la informació continguda en el senyal. En moltes ocasions es presenta simultàniament en tal quantitat, que la seva sola lectura implica un temps i un nivell de concentració tal que pot repercutir en una pèrdua d'atenció al trànsit.



Figura 6.8 L'excés de senyalització i la densitat d'informació poden provocar lectures incorrectes. Font: "INTRAS, 2010".

Sortir del perfil de la via. Una distracció d'un conductor pot provocar que no tingui referència al voltant del perfil de la via i que acabi sortint pels marges de la mateixa, o fins i tot, envaint el carril del sentit contrari. Aquesta mena d'accions esdevenen amb molta freqüència en accidents.



Figura 6.9 Simulació d'un vehicle que se surt del seu carril i envaeix el sentit contrari. Font: Elaboració pròpia.

Excés de velocitat del vehicle. De vegades, una distracció del conductor pot provocar que no tingui una consciència clara de la velocitat a la qual circula i això impliqui una velocitat antireglamentària o inadequada pel tram pel qual circula, que acabi per provocar un accident.

Errors a l'hora de calcular distàncies o temps. Una conducció distreta per part del conductor, el pot induir a cometre errors a l'hora d'avaluar les distàncies o el temps que li cal per tal de dur a terme una maniobra. Això pot tenir molta importància en el cas d'avançaments, donat que pot produir contactes amb el vehicle que es pretén avançar o, en el cas de carreteres amb

dos sentits de circulació no segregats, amb els vehicles que hi circulen pel carril del sentit contrari.

No percebre la presència d'altres vehicles. De vegades una distracció pot provocar el fet de no percebre la presència d'un vehicle o de no disposar d'una referència clara del seu estat dinàmic. Associades a aquesta mena de distraccions es troben una gran quantitat de col·lisions entre vehicles, sobretot en el cas de les col·lisions per envestida posterior.

No percebre la presència de vianants/vehicles. Una distracció dels conductors de vehicles pot provocar que aquests no pugin percebre la presència de vianants a l'interior de la via o als seus marges. Anàlogament, són freqüents les distraccions de vianants associades a parlar o manipular el mòbil, a escoltar música o a parlar amb altra persona, que provoquen que efectuïn el creuament de la via sense percebre els vehicles que circulen per aquesta o sense escoltar les senyals acústiques que aquests pugin emetre. Es considera que a Espanya el 35% dels vianants corren risc de patir un atropellament, aquest percentatge augmenta si els vianants són de major edat, llavors el risc de patir-lo és del 50%. Els nens i els ancians són, per les seves característiques físiques, els vianants més vulnerables i més fràgils de a via (Toledo, 2006).

En definitiva, els errors més característics dels conductors experimentats es produeixen per un "desequilibri" en la dinàmica bidireccional del processament de la informació, en el sentit que duen a terme un excessiu processament de dalt a baix que condueix a una rigidesa en les expectatives i "automatismes" davant les diverses tasques i situacions de trànsit i conducció. Aquesta rigidesa o inflexibilitat porta a "confiar" excessivament en les seves estructures de coneixements emmagatzemats per a gran quantitat de situacions vials, i a no tenir en compte (o "no confirmar") adequadament la informació exterior que reben a través dels seus sentits, la qual cosa els porta a cometre els errors de rutina (o errors basats en habilitats) anteriorment referits.

7. LA VARIABLE TEMPS DE REACCIÓ

7.1. Definició

Com ja hem vist en capítols anteriors, la conducció és una activitat complexa que requereix l'actuació conjunta de diverses capacitats, tant físiques com psíquiques, que permeten afrontar amb les aptituds necessàries i les actituds apropiades. Sense això, la capacitat de reacció d'un conductor que s'enfronta a una eventualitat es veu seriosament afectada.

Quan un conductor percep una situació de risc, davant la qual ha d'efectuar algun tipus de resposta, la maniobra escollida no es porta a terme immediatament, el conductor necessita un lapse anomenat temps de reacció, que és el interval transcorregut des de la percepció d'aquesta situació fins a l'execució de la maniobra evasiva.



Figura 7.1 Simulació d'un conductor que percep el risc que comporta trobar-se un vianant creuant davant seu. Font: Elaboració pròpia.

El sistema nerviós és l'encarregat de controlar la conducta de l'individu. El sistema nerviós pot ser dividit des d'una perspectiva anatòmica en central i perifèric i des d'una perspectiva funcional en somàtic o autònom. El sistema nerviós central, està constituït per encèfal i medul·la espinal i és en definitiva l'encarregat de processar la informació, prendre les decisions i enviar les ordres.

Per conduir amb seguretat el sistema nerviós ha d'estar bastant activat, però el conductor no disposa d'un cabal d'energia il·limitat, per la qual cosa ha de racionar-lo.

El sistema nerviós perifèric està format per nervis que neixen al sistema nerviós central i s'estenen per tot el cos. Aquests nervis es troben connectats amb els sentits de manera que recullen la informació captada pels sentits i transmeten la informació al sistema nerviós central perquè aquest la processi i actuï en conseqüència. De la mateixa manera el sistema nerviós central, un cop analitzada la informació, pot enviar ordres a través dels nervis a músculs i òrgans, perquè aquests reaccionin davant la situació externa a afrontar.

D'altra banda, cal destacar l'estreta relació existent entre el sistema nerviós i el sistema endocrí, de manera que per afrontar una situació el sistema nerviós pot activar el sistema endocrí i provocar la secreció d'hormones per reaccionar front a la situació externa (Relloso, 1988).

Des d'una perspectiva funcional el sistema nerviós pot ser dividit en somàtic, que és el que controla les actuacions voluntàries dels individus o autònom que regula les accions involuntàries, és a dir que no depenen de la voluntat de l'individu.

Les cèl·lules que constitueixen el sistema nerviós són les neurones, les quals a més de

connectar-se entre si mateixes mitjançant els processos químics regulats pels neurotransmissors, tenen la capacitat de transmetre impulsos nerviosos entre elles o a altra mena de cèl·lules com ara les musculars. És a dir, que des de que els sentits d'un individu perceben un estímul, fins que l'individu porta a terme una reacció per actuar front a ell, es produeixen tota una sèrie de mecanismes elèctrics, químics i cognitius, que impliquen una dilació de temps entre tots dos processos. Aquest interval de temps és el que definim com a Temps de Reacció.

7.2. Fases del temps de reacció (Percepció, Decisió i Actuació)

El temps de reacció no es troba constituït per un únic interval de temps, sinó que en realitat es troba dividit en tres temps. La figura 7.2 mostra com queden descrits els diferents intervals de temps que constitueixen el temps de reacció.

SITUACIÓ DE RISC

1ª FASE

Temps de percepció: Temps consumit pel conductor per a extraure, seleccionar i estructurar la informació de l'entorn.

2ª FASE

Temps de decisió: Temps emprat per establir, una cop obtinguda la informació, l'estratègia d'actuació.

INTERVAL CONSUMIT:

TEMPS DE REACCIÓ

3ª FASE

Temps d'actuació: Interval d'execució de la estratègia adoptada (frenada, cop de volant, desacceleració).

ACTUACIÓ

Figura 7.2 Fases del temps de reacció. Font: Elaboració pròpia

Així, el temps de percepció es correspon al temps transcorregut des de que el sentits perceben la situació i la informació arriba al sistema nerviós central, el temps de decisió es correspondria amb el temps d'actuació dels mecanismes cognitius, tendents a determinar l'actuació front a la situació, mentre que el temps d'actuació seria el temps que transcorre des que s'ha pres la decisió d'actuació i aquesta decisió d'actuació es tradueix amb una resposta física de l'individu (Egea, 2010).

7.2.1. Temps de percepció

El conductor que circula per una via va extraient, ja sigui de manera conscient o inconscient, informació de l'entorn i seleccionant aquella que considera pot afectar la circulació del seu vehicle. L'estructuració mental d'aquesta informació està associada amb les possibilitats d'accident en què podria veure's implicat. Per exemple, la visió d'un senyal que indica «perill, pas de vianants», mentre s'avança cap a ella, seria el «moment inicial de percepció» per part del individu d'una situació de risc possible.

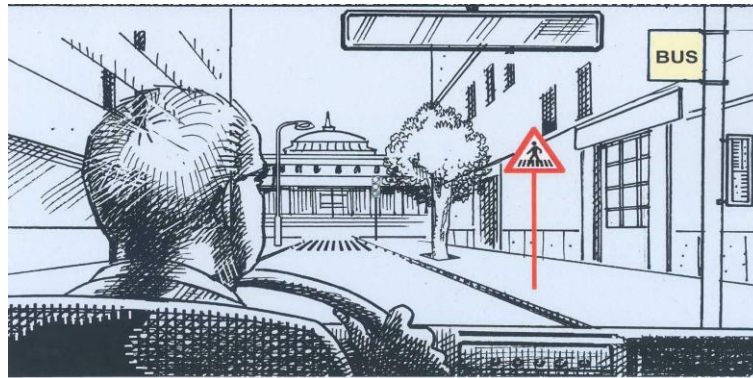


Figura 7.3 Temps de percepció. Font: Elaboració pròpia.

7.2.2. Temps de decisió

Immediatament després de ser percebut el perill, el conductor analitza el tipus de situació a la qual podria enfrontar-se i decideix la seva estratègia d'actuació. En el cas representat a la figura, interpreta, mentre s'aproxima a un pas de vianants, que podria donar la circumstància que alguna persona procedís a creuar el carrer i interceptés la trajectòria seguida pel vehicle. Així, dedueix que la situació de risc possible seria la de l'atropellament d'un vianant i decideix que l'estratègia adequada és reduir la velocitat.

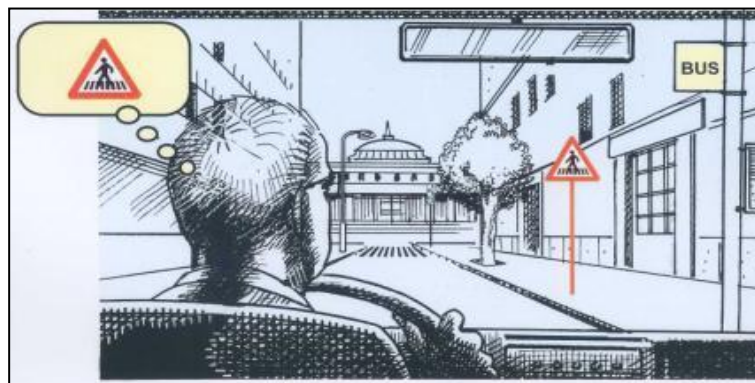


Figura 7.4 Temps de decisió. Font: Elaboració pròpia.

7.2.3. Temps d'actuació

Un cop definit i decidit el pla d'actuació per gestionar amb èxit la possible situació de risc, l'executa mitjançant la resposta motora. D'aquesta manera, davant la possibilitat que alguna persona travessi la via pel pas de vianants, el conductor comença la maniobra de disminució de velocitat del seu vehicle.

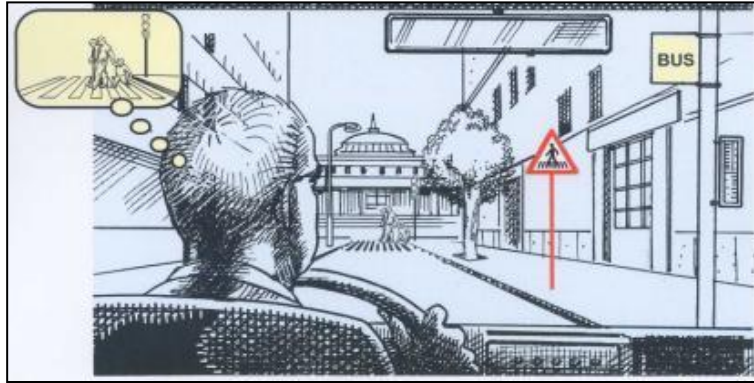


Figura 7.5 Temps d'actuació. Font: Elaboració pròpia.

Tot i això, el temps de reacció no és el mateix per a totes les persones ni situacions, presentant especial dependència amb l'edat i el període del dia. En la següent taula, ja mostrada anteriorment, es presenten els valors més representatius del temps de reacció d'un conductor en funció de l'edat i el període de conducció.

Taula 7.1 Temps de reacció de les persones en funció de l'edat i el període diari. Font: (Servei Català de Trànsit, 2000).

		Temps de reacció		
		De dia	De nit	De nit amb vehicles en sentit contrari
E D A T	18 – 25	0,5	0,8	1,0
	26 – 40	1,0	1,3	1,5
	41 – 55	1,5	1,8	2,0
	+ 56	2,0	2,3	2,5

El temps de reacció augmenta amb l'edat. Així, mentre que el d'una persona de 20 anys s'estima en 0,5 segons, el d'una persona de més de 56 anys s'estima en uns 2 segons. El temps de reacció augmenta amb la disminució de la percepció que poden provocar fets com la reducció de visibilitat, o la conducció sota la pluja.

Així mateix, l'interval de resposta es pot dilatar per la influència d'eventualitats imprevisibles, i per tant sorprenents. El conductor no té una resposta mecanitzada davant d'un fet inesperat i és aliè als riscos que pot implicar per a la circulació, de manera que, probablement, es demorarà més en interpretar-lo.

En la següent figura es mostra com a l'enfrontar-se a situacions imprevisibles s'amplifica el seu temps de reacció i es dilata en un rang d'entre un 50 i un 100% (Servei Català de Trànsit, 2000).

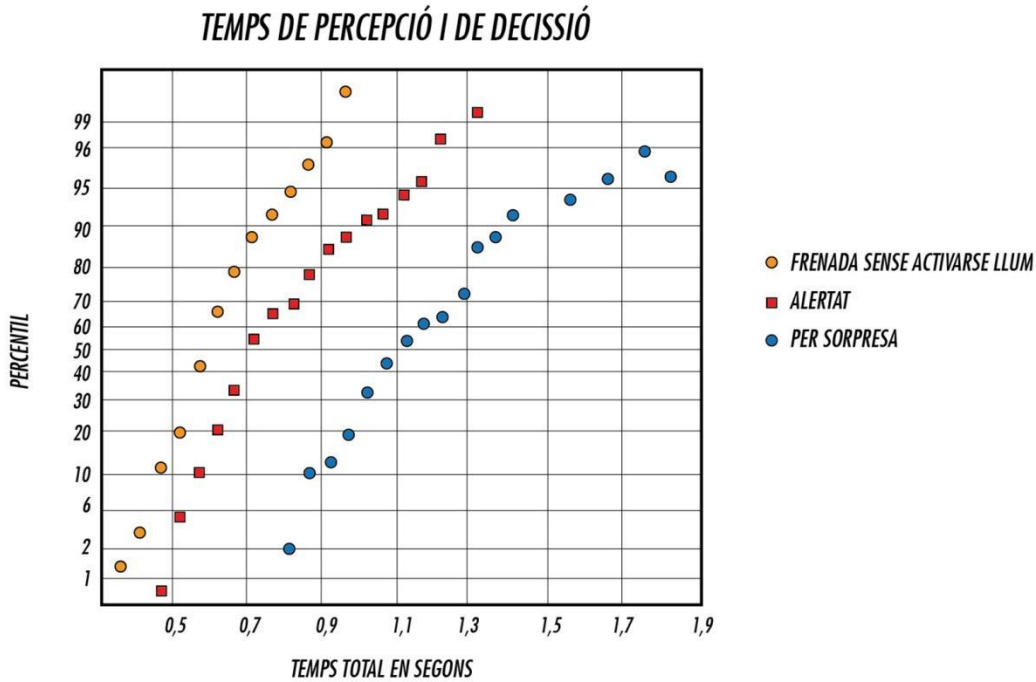


Figura 7.6 Temps de percepció i decisió. Font: (Servei Català de Trànsit, 2000).

Quan s'ha estudiat el temps de reacció en condicions reals, en un tipus especial de situació de conducció (la de seguiment a un altre vehicle, o “carfollowing”), s'ha comprovat que el valor que millor s'ajusta a les dades existents és d'un temps de reacció d'1,6 segons (Egea, 2010). No obstant això, cal destacar que, encara que es tracta de condicions reals, el grau d'incertesa és baix perquè l'atenció dels conductors es focalitza sobre el vehicle precedent. En altres experiments en els quals el grau d'incertesa sobre l'aparició de l'estímul era major, es va considerar que el temps mitjà de reacció d'un conductor no alertat prèviament pot ser de 2,5 segons.

Alguns dels models explicatius més importants del comportament humà en la conducció fan de la percepció del risc l'element fonamental d'aquestes teories. Aquests models s'emmarquen dins de l'enfocament cognitiu-motivacional que ha impregnat el treball teòric en aquest camp a partir d' intervinguts en els anys 70 i els anys 80.

En ells, a diferència dels models d'habilitats, deixa de posar-se l'èmfasi en les variables d'execució o acompliment per passar a centrar el seu interès en aquells factors de naturalesa tant cognitiva com motivacional que influeixen en l'activitat de conducció i, de forma més específica, en els motius i expectatives que influeixen en la percepció subjectiva del risc i en la presa de decisions subsegüent (Egea, 2010).

7.3. Distància de reacció

La distància de reacció és l'espai que recorre un vehicle durant el temps emprat pel conductor per respondre a l'estímul d'un risc percebut. Durant el període de resposta que transcorre des que el conductor percep la situació i l'analitza i interpreta fins que acciona el pedal de fre, el cotxe pateix una lleugera desacceleració, tot i que l'acció de frenada encara no s'ha fet efectiva; això és a causa que el primer impuls del conductor en percebre el perill és el de deixar d'accionar l'accelerador, de manera que el motor deixa de rebre subministrament de combustible, es reté i actua així com a fre del cotxe.

Segons conveni¹⁴, aquesta retenció del motor ha de produir un descens en la velocitat d'uns 5 km/h per cada segon de temps transcorregut. A la figura 7.6 es pot observar gràficament el raonament anterior.

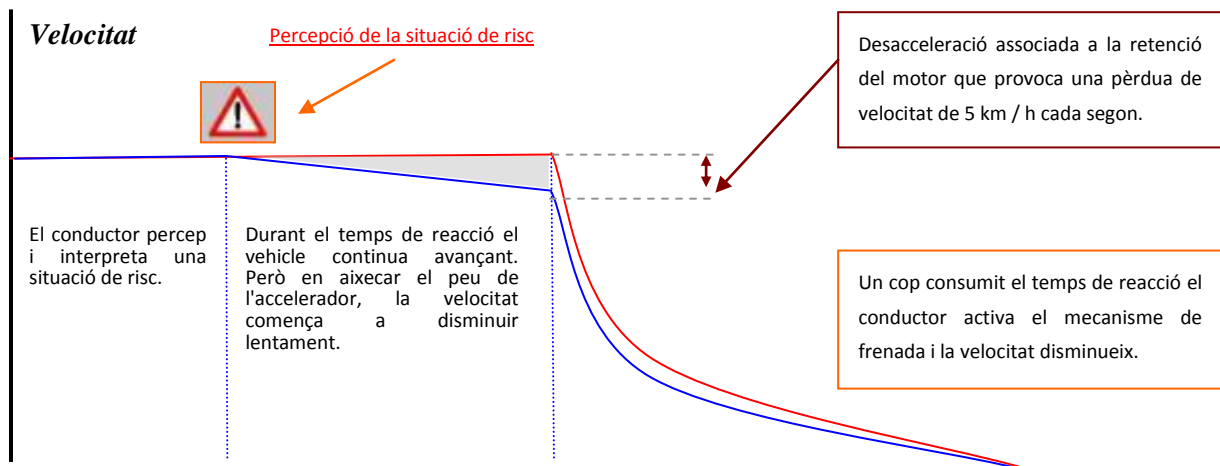


Figura 7.6 Interval de funcionament del fre motor. Font: Elaboració pròpia.

La distància de reacció està condicionada per l'edat del conductor. Així, com més gran és el conductor, major és el temps de reacció, i quant més gran és aquest, major serà la distància que recorrerà el vehicle fins que la maniobra evasiva hagi estat executada.

L'espai necessari per detenir el vehicle es compon de la distància de reacció, que és la que recorre el vehicle durant el temps de reacció del conductor, i la distància de frenada, que és la que es recorre una vegada que s'han accionat els frens.

Així doncs, el temps de reacció és major o menor, segons siguin els reflexos, l'estat d'ànim, la vigilància del conductor, etc. però es considera normal un temps de 0,75 segons durant els quals es recorre un espai que està en funció de la velocitat.

¹⁴ Ordre del Ministeri d'Obres Públiques i Urbanisme del 31 d'agost de 1987. BOE núm 224

Així, un excés de velocitat: Incrementa la distància recorreguda des del moment en el qual un conductor detecta una emergència fins que reacciona, dificultant la rectificació de la trajectòria i permetent un menor control del vehicle.

Repercuteix negativament en l'anticipació, factor que és fonamental per evitar l'accident; restant dècimes, de vegades, tan necessàries per eludir un obstacle.

7.4. Influència de l'edat

Les persones d'edat avançada necessiten més temps per processar la informació i efectuar la resposta davant qualsevol contingència que es produeixi durant la conducció. L'increment del temps de reacció en aquests casos està associat als següents factors:

7.4.1. Disminució de la capacitat sensitiva

L'envelliment provoca una disminució de l'agudesesa visual i auditiva. El fet que la major part de la informació necessària per a la conducció (entorn del 90%) sigui percebuda mitjançant la vista fa que la minva de capacitat visual sigui especialment rellevant; es manifesta en la reducció del camp de visió (tant perifèrica com de fons) i en l'augment del temps d'estimació de distàncies i de recuperació d'enlluernaments (Cortés, 1995).

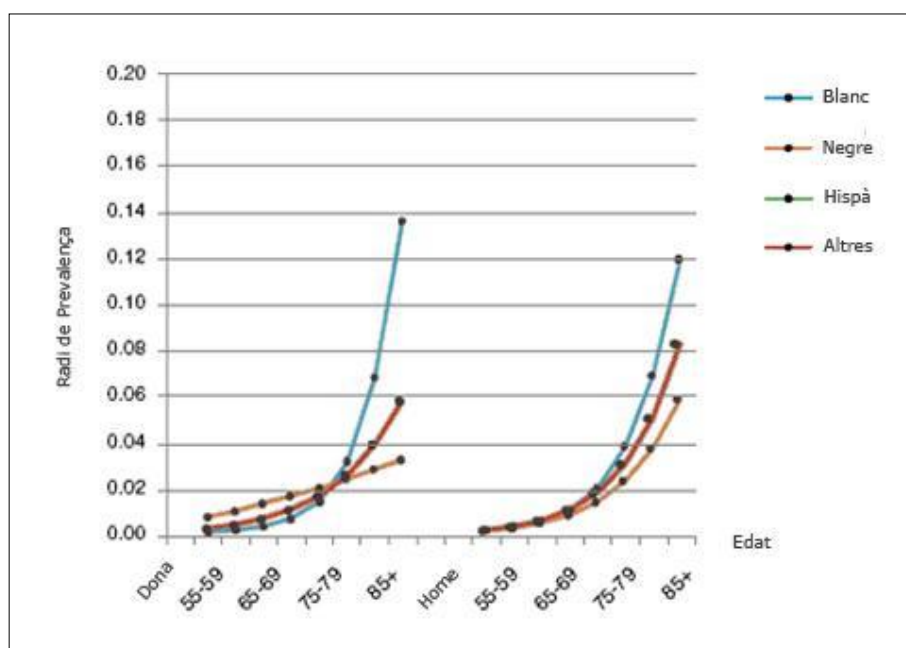


Figura 7.6 Degeneració macular amb els anys. Font: (Damián, 2006).

En la figura 7.6 es pot apreciar com la Degeneració Macular (deterioració de la màcula que provoca la pèrdua de nitidesa a la zona central del camp visual), presenta una forta dependència amb l'edat (Damián, 2006). Aquesta dependència amb l'edat es presenta així

mateix en un gran nombre de patologies visuals o auditives.

7.4.2. Disminució de la capacitat física

Amb l'edat, les persones pateixen pèrdua de coordinació de moviments i disminució de la força i la flexibilitat muscular, la qual cosa es tradueix en un increment de la fatiga i, en conseqüència, una minva dels reflexos.

Taula 7.4 Malalties declarades en cada grup d'edat i sexe, 2006 (% respecte total població). Font: Elaboració pròpia a partir del "INE".

	Ambdós sexes	Homes	Dones
Total	21,0 %	17,1 %	24,8 %
0 – 14 anys	6,3 %	6,7 %	5,9 %
16 – 24 anys	10,8 %	7,8 %	13,9 %
25 – 34 anys	15,4 %	12,4 %	18,5 %
35 – 44 anys	19,5 %	16,3 %	22,9 %
45 – 54 anys	24,3 %	19,8 %	28,8 %
55 – 64 anys	33,6 %	31,4 %	35,7 %
65 – 74 anys	33,9 %	25,6 %	40,4 %
+ 75 anys	42,5 %	34,4 %	48,4 %

Les malalties i incapacitats físiques més pròpies de la gent gran, com la diabetis, els marejos, hipertensió, desmaís, amnèsia poden influir de forma negativa en la conducció. Mitjançant estudis realitzats s'ha descobert que les persones amb seriosos antecedents mèdics van tenir dues vegades més accidents que els qui no tenien (Ibermutuamur, 2009).

Un dels principals problemes dels conductors ancians és l'alentiment del processament de la informació. Augmenten els temps de reacció i, per tant, la capacitat de respondre de forma ràpida i adequada a les situacions del trànsit disminueix bastant. D'altra banda, les persones majors no solen ser objectives respecte a la seva competència en la conducció. Així, es perceben com a segurs, encara que per a això hagin de conduir anormalment a poc a poc i només per recorreguts habituals, amb el que es pot perjudicar a altres usuaris de la via (Lorente, 2004).

7.4.3. Disminució de la capacitat psíquica

Són també evidents trastorns psicomotors com la pèrdua de la mímica en la marxa, el retard en la iniciació de l'acte motor, la no realització seqüencial de dos moviments i la lentitud. El desgast produït per l'edat causa una pèrdua de la facultat de memoritzar, una disminució del sentit de l'orientació i un debilitament de la capacitat per elaborar pensaments abstractes, la qual cosa genera un deteriorament cognitiu que afecta l'habilitat per conduir.

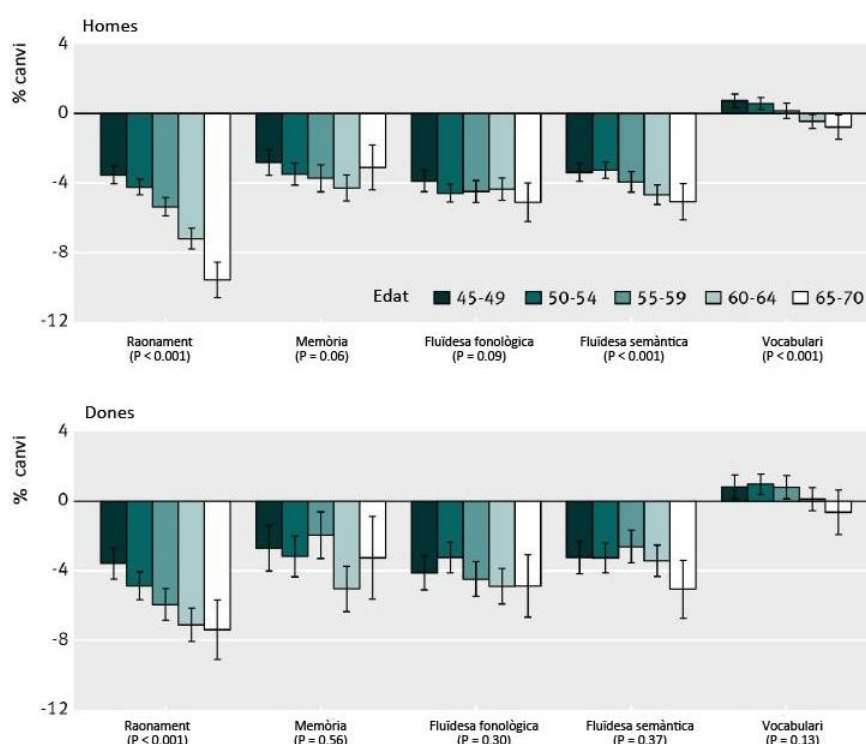


Figura 7.7 Disminució de les puntuacions cognitives de més de 10 anys (% de canvi = canvi / interval de text * 100) en funció del grup d'edat de referència en els homes i dones, que es calcula a partir dels models lineals mixtes. Font: "Whitehall II Study, 2004".

Està àmpliament documentat el deteriorament de les capacitats psicomotores relacionat amb l'envelliment. En aquest sentit, la funció visual permet obtenir la major part d'informació durant la conducció (més del 80%) i la més rellevant. Més del 15% de la població presenta defectes de visió relacionades amb l'envelliment. Aquestes alteracions són d'una banda degudes al propi procés d'envelliment (deterioració de l'acomodació i de l'adaptació, estrenyiment del camp visual, agudesa visual estàtica –fotòpica i mesòpica–, agudesa visual cinètica -estímul en moviment-, percepció del contrast i del moviment) i, per una altra a trastorns associats a l'edat o crònics (cataractes, glaucoma, diabetis, hipertensió arterial, etc.) (González, 2004).

7.5. Influència del període de conducció

La conducció és una tasca que requereix la utilització coordinada d'un conjunt d'habilitats mantenint alhora un alt grau de concentració durant un període de temps prolongat. La capacitat per sostenir un nivell d'atenció elevat i constant varia de forma substancial al llarg del dia, degut principalment als següents factors:

7.5.1. Els bioritmes

Els cicles diaris, anomenats ritmes circadiaris o bioritmes, que experimenten les funcions biològiques i psicològiques d'una persona al llarg del dia repercuteixen en la seva capacitat per mantenir el mateix grau d'atenció constantment, ja que aquest ritme oscil·la de forma significativa, i arriba a ser molt baix durant el període nocturn. En aquest sentit, el cicle natural llum-fosc de la jornada marca el ritme de vigília-son (dia-nit) en els éssers humans. En el següent gràfic es mostra la corba del ritme circadià durant un dia:

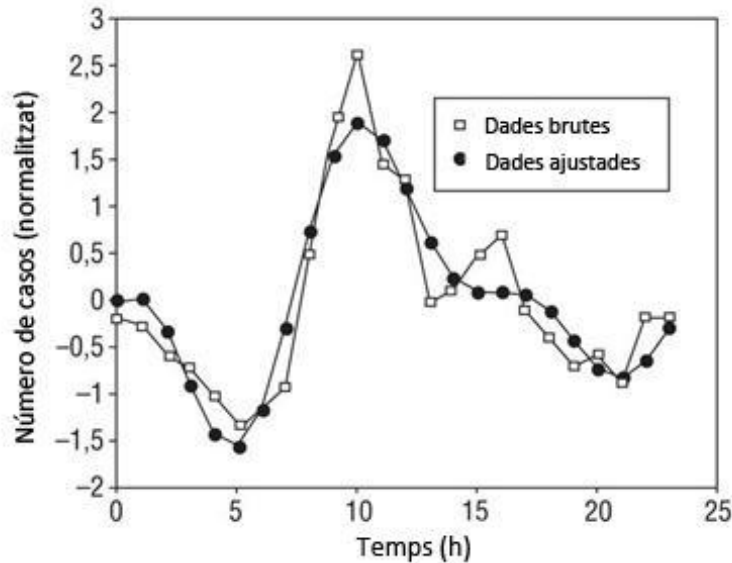


Figura 7.8 Ritme circadià de la població general. Font: "Revista Española de Cardiología, 2004".

Els bioritmes influeixen en totes les funcions del cervell i de l'organisme (temperatura corporal, secrecions), i fan que la foscor inciti al repòs, i la llum, a l'activitat. Per aquesta raó, encara que s'hagi dormit el temps necessari, el «rellotge biològic» d'una persona produeix, durant les primeres hores de la nit, un increment de sensació de fatiga que es tradueix en una disminució de la capacitat física i cognitiva, la qual cosa genera una dilatació del temps de reacció davant qualsevol eventualitat (López J. G., 2004).

Aquest cicle és un cicle regulat per secrecions hormonals. Les dues hormones més importants d'aquest cicle són la melatonina i la serotonina. Un desequilibri d'aquests neurotransmissors provoquen ritmes biològics irregulars.

La secreció de la melatonina, correspon a la il·luminació ambiental, seguint el procés de les 24 hores del dia. Aquesta hormona és estimulada amb la foscor i s'inhibeix amb la llum. Els nivells màxims de producció de melatonina es donen entre la 1 i les 3 del matí i el seu nivell més baix es dona al migdia.

La serotonina està relacionada amb la nostra sensació de benestar. Aquesta augmenta amb la

llum del dia, el seu màxim nivell de producció es dona al migdia i és estimulada en fer exercici físic, entre altres activitats (GENCAT, 2002). Comportaments com ara la gana, els impulsos, el comportament sexual, la por, la memòria, entre d'altres, porten gran influència d'aquest important neurotransmissor.

Així, depenent de l'hora del dia les secrecions hormonals relacionades amb el cicle circadià varien, la qual cosa implica així mateix variacions en les funcions físiques i mentals dels individus (Brandan, 2007).

Amb l'edat, els ritmes circadians tendeixen a ser menys robusts i experimentar canvis tant de l'amplitud com en la fase (generalment avanços). La figura següent mostra el perfil mitjà del ritme circadià de temperatura corporal en un grup de subjectes joves i en un altre de vells. Es pot observar, d'una banda, la menor amplitud del ritme en els subjectes vells, i per una altra, l'avanç de fase en aquests últims. Aquesta disminució en l'amplitud dels ritmes, la qual cosa reflecteix és una pèrdua general de l'estabilitat i el nivell de les funcions rítmiques.

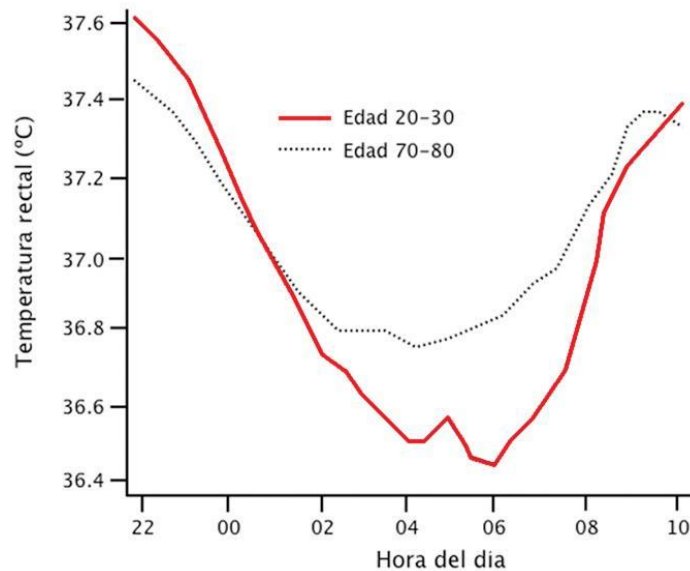


Figura 7.9 Ritme diari de temperatura corporal en subjectes joves i vells. Font: "Revista Española de Cardiología, 2004".

Especial importància té la disminució en l'amplitud del ritme de secreció de melatonina, donat el paper que aquesta hormona juga com a senyal químic que regula nombrosos ritmes circadianos. Per tant, es tracta de d'il·lustracions que mostren la dependència que presenta el temps de reacció amb l'horari i amb l'edat del conductor.

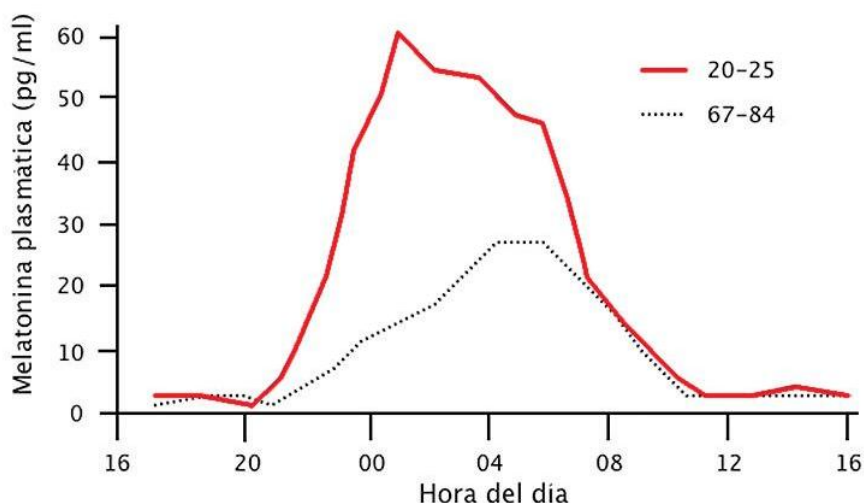


Figura 7.10 Perfil del ritme diari de concentració de melatonina plasmàtica en subjectes joves i vells.
Font: "Revista Española de Cardiología, 2004".

7.5.2. La dificultat per mantenir l'atenció

Durant la conducció succeeixen molts d'aquests factors: repetició d'estímul durant un temps perllongat, estimulació simultània del subjecte des de diferents "fonts" (auditiva, visual, sensitiva, etc.), contracció de determinats grups musculars de manera continuada per mantenir la posició del conductor i del volant, necessitat de mantenir constant l'atenció i, finalment, amb freqüència un inadequat temps de descans tant abans de conduir com durant la conducció (González, 2004).

Encara que la falta d'atenció possibilita la producció d'errors crítics en la conducció, el cos humà, tant psíquicament com físicament, té una elevada dificultat per mantenir-se en estat d'alerta durant períodes prolongats de temps, doncs el mateix esforç que ha de realitzar per continuar en actitud vigilant produeix una sensació de fatiga que fa que disminueixi el nivell de tensió, i la ment es relaxi de forma inconscient en molts moments del recorregut que s'està realitzant, tot i transmetre una falsa sensació d'alerta i fins i tot d'eufòria que li permet al conductor tenir l'enganyosa impressió de controlar la situació.

7.5.3. Els hàbits

Els costums de descans i alimentació, influeixen de forma destacable en la capacitat del conductor per mantenir la concentració. En el cas, per exemple, de la serotonina, hormona fonamental per controlar els ritmes circadianis, la seva alliberació es produeix en els budells, la qual cosa provoca que presenti una relació directa amb els hàbits alimenticis. Quan s'ha dormit poc o el descans ha estat insuficient o fora del període nocturn, el sistema nerviós central es troba molt relaxat per l'acció de la son, i d'aquesta manera, el nivell d'atenció es

redueix considerablement, la qual cosa provoca un augment de la lentitud de les reaccions. Això també contribueix un mal hàbit d'alimentació, com fer ingestes abundants just abans d'iniciar un viatge, ja que poden generar fatiga, somnolència, pesadesa i reducció de reflexos.

Una deficiència en l'alimentació pot produir el mateix efecte causa de la falta de nutrients necessaris per al correcte funcionament tant del cos com de la ment. La somnolència excessiva diürna suposa un factor de risc d'accident de circulació de primera magnitud. S'estima que la somnolència i els trastorns del somni poden suposar el factor accidentogen independent més important fins a en el 20% d'accidents, encara que és possible que sigui un percentatge major en accidents d'alta lesivitat (Shinar, 2007).

Per tot això, és convenient dormir el temps necessari i evitar que els períodes de son coincideixin amb l'horari diürn, que és quan el descans té menys qualitat. Així mateix, s'han de mantenir bons hàbits d'alimentació.

7.5.4. Els canvis ambientals

La capacitat del conductor per resistir l'aparició de la fatiga està directament relacionada amb el seu grau de confort, el qual pot ser condicionat per la variació diària de la seva temperatura corporal, ja que aquesta sembla ser determinant de moltes funcions biològiques.

Existeixen moltes variables ambientals de gran repercussió en la somnolència dels conductors. Entre elles caldria destacar la falta d'una oxigenació i ventilació adequada en la cabina del vehicle que es condueix (l'aire condicionat és un element de seguretat activa, doncs redueix la fatiga i l'adormiment). Això pot veure's potenciat al seu torn en moltes ocasions per l'entrada de gasos en la cabina o l'acumulació de fum dels cigarrets, en aquest cas és molt més fàcil que es produeixi l'adormiment. La calor també és, en general, un element afavoridor del somni, per la qual cosa és necessària una especial precaució en circular amb la calefacció encesa o amb les altes temperatures estivals (Toledo, 2006).

7.5.5. L'entorn nocturn

L'escassetat d'il·luminació d'un entorn nocturn ocasiona un empobriment de la gamma cromàtica i un increment de les àrees amb ombres que dificulten la identificació dels objectes i fan que disminueixi la quantitat d'informació susceptible de ser percebuda, la qual cosa provoca un increment del temps de percepció del conductor. D'altra banda, els fars dels vehicles que circulen en sentit contrari produeixen una saturació lumínica que resta contrast al fons fosc i impedeix que les formes destaquin.

El cansament generat per l'esforç visual que requereix pal·liar els efectes de la falta d'il·luminació causa una disminució del nivell d'atenció i, en conseqüència, una reducció de la velocitat de resposta als estímuls.

La raó per al risc d'accident associat amb el viatge nocturn és, molt probablement, la combinació de la baixa del ritme circadiari, així com un temps prolongat despert (Dijk, 1995). El treball en el canal circadiari i la vigília prolongada són inherents en el treball nocturn però les contramesures poden millorar els efectes.

Diversos estudis i simulacions han demostrat que la conducció després d'un torn de nit porta associat un deteriorament pronunciat de l'estat d'alerta i el rendiment de conducció (Torbjörn, 2005), de manera que és un factor molt important a tenir present en l'anàlisi del període de conducció i en el moment en el qual es poden produir un major nombre d'accidents.

7.6. La influència de les substàncies narcòtiques

La conducció d'un vehicle és una activitat que es realitza utilitzant de forma simultània una sèrie de mecanismes automatitzats, per això és necessària la coordinació de determinats processos que requereixen un elevat nivell de concentració. La ingestió de substàncies que alteren la conducta, com l'alcohol, les drogues o certs medicaments, influeix de forma negativa en aquesta capacitat, ja que provoca reducció de l'agudesia visual, lentitud de coordinació d'accions i de resposta als estímuls, i augment del temps de reacció (Isoba, 2002).

Encara que aquestes substàncies causen una eufòria que produeix la falsa sensació de domini del vehicle i del propi entorn, la minva de facultats cognitives es produeix abans que el conductor sigui conscient del seu estat de precarietat funcional, la qual cosa augmenta el risc potencial de patir un accident.

Segons els resultats d'un estudi elaborat per la Revista Espanyola de Salut Pública, són els joves de sexe masculí els que presenten majors freqüències de consums d'alcohol i altres drogues i també de conductes de risc, igual que en un estudi a Finlàndia (Keskinen, 2003), per la qual cosa es tracta d'un grup de risc pel qual caldria dissenyar actuacions preventives específiques. No obstant això, no s'ha de menystenir el fet que les dones s'emborratxen amb major freqüència de manera ocasional (una o dues vegades al mes). Aquesta dada, juntament amb l'evidència demostrada recentment que conductors amb borratxeres ocasionals estan en major risc de sofrir accidents, ens posa sobre avís que les dones joves també són un col·lectiu d'alt risc (Calafat, 2008).

Dades d'aquest estudi mostren que a major grau de participació en la vida nocturna, major freqüència de borratxeres i de consums d'altres drogues il·legals, la qual cosa coincideix amb altres estudis que apunten a l'àmbit recreatiu nocturn com a facilitador d'aquests consums (Robert, 2004). De la mateixa forma, a major participació en la vida nocturna major freqüència de conductes de risc relacionades amb la conducció, igual que a major consum, major freqüència de conductes de risc, pel que cal suposar que totes elles són variables relacionades.

Cap d'aquestes mesures pensades tant per disminuir la participació en la vida nocturna (a

través de controlar els horaris, augmentar preus, control pels pares dels horaris de sortida, etc.) com per limitar els consums, poden tenir efectes sobre la sinistralitat associada a l'alcohol i altres drogues (Anderson, 2006).

Malgrat que les dades mostren que a major participació en la vida nocturna major freqüència de les conductes de risc com ara pujar al vehicle amb altres conductors embriagats, en ocasions les persones que més beuen estan possiblement adoptant més conductes de reducció del dany, és a dir, utilitzen menys el cotxe privat.

En relació amb la importància del sexe a l'hora de conduir embriagat o drogat són conductes més freqüents en els homes, no obstant això, precisament la conducta de risc que es produeix amb més freqüència és pujar amb un altre conductor embriagat o drogat, assumit de manera similar per homes i dones.

Segurament no existeix suficient consciència social de la perillositat d'aquesta conducta de risc, per la qual cosa les mesures preventives haurien d'anar dirigides a sensibilitzar sobre aquest problema. Cap la possibilitat que les dones siguin especialment sensibles a aquestes campanyes, doncs han demostrat més prudència amb altres conductes de risc, com el consum de drogues.

7.6.1. Mecanismes d'acció de les drogues

Com ja s'ha comentat anteriorment, les cèl·lules del sistema nerviós són les neurones i aquestes interaccionen entre elles mitjançant l'intercanvi a través de la zona d'unió intercel·lular (sinapsi) d'unes substàncies químiques anomenades neurotransmissors.

Les drogues són substàncies químiques que actuen sobre el cervell penetrant el sistema de comunicació i interferint o alterant la forma amb la qual les cèl·lules nervioses normalment envien, reben i processen la informació. Algunes drogues, com la marihuana i l'heroïna, poden activar les neurones perquè la seva estructura química imita la d'un neurotransmissor natural. Aquesta similitud enganya als receptors i permet que les drogues s'adhereixin i activin a les cèl·lules nervioses.

A més, no activen les cèl·lules nervioses de la mateixa manera que els neurotransmissors naturals i fan que es transmetin missatges anormals a través de la xarxa. Altres drogues, com l'amfetamina o la cocaïna, poden fer que les cèl·lules nervioses alliberin quantitats inusualment grans de neurotransmissors naturals o poden prevenir el reciclatge normal d'aquestes substàncies, fent que la senyal es vegi summament amplificada (Verster, 2008).

En aquest sentit, el potencial addictiu de les drogues radica en el fet que alliberen dopamina que és un neurotransmissor amb incidència directa en el sentiments de plaer i els mecanismes de recompensa.

7.6.2. Tipus de drogues i la seva influència en la conducció de vehicles

Es poden establir una classificació de les drogues en 3 tipus principals:

Taula 7.5 Classificació bàsica de drogues. Font: "Manual sobre aspectes mèdics relacionats amb la capacitat de conducció de vehicles (DGT, 2004)".

Categoria	Drogues	Efectes
Depressores del SNC	Alcohol Tranquil·litzants Hipnòtics Opiàcies Inhal·lables	Disminució estat d'alerta Augment del temps de reacció Deteriorament del rendiment psicomotor
Estimulants del SNC	Amfetamines Cocaïna Nicotina Xantines	Inadequada percepció del risc per: Eufòria Estimulació Irritabilitat
Pertorbadores de la percepció, psicomimètics o al·lucinògens	Cànnabis Drogues de síntesi LSD	Efectes depressors i sedants Alteracions o distorsions de la percepció Al·lucinacions

Depressores. Són substàncies, on la gran part dels efectes que produeixen, es deuen a la depressió o inhibició que originen en la funció del sistema nerviós central. Predominen els efectes subjectius del tipus relaxació, benestar, etc. i, objectivament, es produeixen efectes del tipus sedació, somnolència, etc.

Estimulants. Són un grup de substàncies que es caracteritzen perquè els efectes predominants sobre el sistema nerviós central o cervell són d'estimulació. les persones que els consumeixen solen referir efectes subjectius de tipus eufòria, estimulació, irritabilitat, etc. Objectivament en aquestes persones s'observa una estimulació cardíaca (taquicàrdia), una elevació de la tensió arterial, insomni, etc.

Pertorbadores. A aquest grup de substàncies se les coneix amb altres noms com pertorbadores de la percepció, psicomimètiques i de vegades –encara que incorrectament– com al·lucinògenes. La característica comuna a totes elles és que ocasionen una alteració de la percepció (dels estímuls). A més d'aquest efecte pertorbador, les diferents substàncies poden tenir en major o menor grau efectes depressors o sedants.

7.6.3. Efectes sobre la funció psicomotora

El paper de l'alcohol com un factor principal en els accidents de vehicles a motor ha estat ja descrit anteriorment. Es disposa de molta menys informació respecte de l'impacte en la sinistralitat d'altres drogues o substàncies, fonamentalment motivat per la dificultat de

mesurament i per tant del seu registre i parametrització. Encara que les dades disponibles en l'actualitat sobre la incidència de les drogues d'abús (en particular les il·legals) sobre la seguretat vial, no són encara molt concloents (Lagier, 1990; Mayor, 1995), no obstant això, s'estima que entorn al 10% dels accidents de major gravetat, estan relacionats amb el consum d'algun tipus de drogues. En tot cas sabem que moltes drogues legals i il·legals diferents a l'alcohol, deterioren la capacitat de conduir, fins i tot en quantitats moderades i incrementar el risc d'accident (Álvarez, 1996). No obstant això, la seva utilització entre els conductors és, aparentment, bastant limitada, en comparació de l'alcohol, encara que creixent (Toledo, 2006).

L'ONU afirma que al món hi ha actualment 180 milions de persones que consumeixen drogues, la qual cosa suposa el 4,2% de la població major de 15 anys, segons l'Informe Mundial sobre Drogues 2000 de l'ONU. El document elaborat per l'Oficina de Nacions Unides per al Control de les Drogues i la Prevenció del Crim (les sigles del qual en anglès són ODCCP) sosté que a pesar que habitualment es tracta aquest problema de forma pessimista, les últimes tendències mostren que "no és ni imparable ni irreversible (World Drug Report, 2000)".

El cànnabis encapçala la llista de les drogues més consumides amb 144 milions d'usuaris, seguit per les amfetamines estimulants (29 milions), la cocaïna (14 milions) i els opiacis (13,5 milions, incloent 9 milions d'addictes a l'heroïna). L'augment més significatiu en el consum mundial durant els 90 ha estat el de les drogues de disseny i estimulants, com l'èxtasi o la metamfetamina (Toledo, 2006).

El consum d'aquestes substàncies afecta les capacitats necessàries per a la conducció:

La percepció: Reducció de la capacitat per discernir el que és percebut i de la competència per distingir varietats cromàtiques, dimensions i distàncies.

La intel·lecció: Disminució de l'agudesia d'interpretació, l'ús de la memòria, de l'experiència i del reconeixement de riscos.

La resistència física: Aparició de la fatiga i pèrdua de la tensió muscular, que alenteix la velocitat de moviments.

Els estats psicofísics transitoris: Els principals estats psicofísics són la fatiga i la son, o somnolència. Si són de caràcter temporal, i per tant reversibles, se'ls denomina transitoris. Aquests estats tenen una influència rellevant en l'origen dels accidents de trànsit i són generalment potenciats per la ingestió de begudes alcohòliques, drogues –sobretot les depressores del sistema nerviós central– i fàrmacs.

7.6.4. Els efectes de l'alcohol a la conducció

La presència de l'alcohol com a factor de risc ha preocupat des de fa molt temps als més diversos investigadors que, basant-se en una gran quantitat d'estudis estadístics i experimentals, coincideixen a destacar la seva important contribució a les fatalitats en la carretera. Per això, el coneixement de tots els aspectes relacionats amb el consum de begudes alcohòliques i la seva relació amb la conducció de vehicles és fonamental per aconseguir una major seguretat en les nostres carreteres.

L'alcohol ingerit per un conductor augmenta el seu temps de reacció, deteriora la seva coordinació motora i disminueix el seu nivell d'atenció i la seva resistència a la monotonia (Verster, 2008). També li altera la capacitat per discernir entre diferents velocitats i distàncies, així com entre la situació relativa del seu propi vehicle i les de la resta d'usuaris de la via.

Segons les últimes dades de Pla Nacional sobre Drogues (2011) l'extensió del consum de begudes alcohòliques en la societat espanyola és pràcticament universal. El 90,9% de la població espanyola d'entre 15 i 64 anys les havia consumit alguna vegada en la vida, el 76,6% de la població va admetre haver-les consumit alguna vegada durant l'últim any i el 62,3% ho va fer en l'últim mes (PNSD, 2011). A més, segons dades de l'enquesta europea SARTRE-3, s'estima que un 62% dels conductors espanyols és bevedor en major o menor grau. D'aquests, prop d'un 68% beu i condueix almenys un dia per setmana, restant solament un 32% dels conductors bevedors que afirmen no fer-ho mai quan han de conduir (MSC, 2008).

Efectes sobre la funció psicomotora: Tal i com s'ha destacat anteriorment, l'alcohol ingerit per un conductor augmenta el seu temps de reacció, deteriora la seva coordinació motora i disminueix el seu nivell d'atenció i la seva resistència a la monotonia. Alterant la capacitat per discernir entre diferents velocitats i distàncies, així com entre la situació relativa del seu propi vehicle i les de la resta d'usuaris de la via.

Conduir un vehicle és una activitat molt complexa que requereix que existeixi una perfecta sincronització entre els òrgans sensorials i motrius, la qual cosa pot veure's greument afectada pel consum d'alcohol. Amb concentracions moderades d'alcohol es deprimeixen els centres cerebrals que controlen l'equilibri. Alcoholèmies entre 0,5 i 1 g/l s'associen amb alteracions de la coordinació motora i a partir d'1,5 g/l ja s'indueixen serioses dificultats per mantenir-se en peus. Les destreses motores es deterioren ja de manera important amb nivells d'alcohol entre 0.3-0.5 grams per mil, sent especialment vulnerable la coordinació motora (DGT, 2008).

En definitiva, en el conductor begut pot aparèixer descoordinació motora, sota control dels moviments de precisió, problemes d'integració de la informació sensorial i motriu, disminució notable del rendiment muscular i alteracions de l'equilibri, amb el consegüent perill per a una conducció.

Efectes sobre la visió: Una bona part de les recerques sobre alcohol i conducció s'ha centrat en les alteracions de la visió. La recerca bàsica ha demostrat que el processament de la informació visual, en els seus diversos nivells, es veu greument deteriorada per l'acció de l'alcohol sobre el sistema nerviós, la qual cosa explica bona part dels accidents de trànsit en els quals es veuen implicats conductors o vianants amb certs nivells d'alcoholèmia.

Així, i començant pels nivells més immediats, s'ha demostrat que l'alcohol provoca serioses disfuncions en el control oculomotor, tals com una reducció de la velocitat dels moviments oculars i un increment de la seva latència, problemes d'acomodació ocular als canvis de llum i enlluernaments, deterioració en la convergència, dificultats de concentració visual i inducció de nistagmes (moviments rítmics i involuntaris dels ulls).

En general, amb una alcoholèmia de 0,2-0,5 g/l apareix dificultat a percebre correctament llums i senyals. A un nivell de 0,5-0,8 g/l es comencen a apreciar de forma equivocada les distàncies i les velocitats, la capacitat dels ulls per adaptar-se a condicions de llum canviant es redueix i la sensibilitat a la banda vermella de l'espectre visible disminueix. Amb taxes d'alcoholèmia superiors a 0,75-0,80 g/l apareixen canvis en els patrons de cerca visual i la percepció de la lluentor, a més de que la constància de la forma i de la grandària es veuen seriosament deteriorades (Toledo, 2006).

Efectes sobre la conducta: L'alcohol és una droga depressora el principal efecte de la qual en el comportament és la desinhibició de la conducta. Per això, el fet que la conducta dels individus que han consumit alcohol sigui externament més activa no és realment a causa que l'alcohol tingui efectes excitants, sinó perquè s'han deprimits els centres cerebrals encarregats d'inhibir la conducta.

Això explica perquè produeix una accentuada sensació d'eufòria i de falsa seguretat i afavoreix l'agressivitat i l'adopció de conductes temeràries.

L'alcohol disminueix també el sentit de la responsabilitat i la prudència, mentre que augmenta en moltes persones les conductes impulsives, agressives i grolleres, per la qual cosa és més fàcil veure's embolicat en situacions violentes amb la resta dels usuaris de les vies.

SENSE INGESTIÓ D'ALCOHOL



Quan un conductor circula per un entorn urbà sense haver ingerit alcohol, pot percebre amb claredat a la resta d'usuaris de la via, així com al mobiliari que es troba a la perifèria de la seva trajectòria.

AMB UNA TAXA D'ALCOHOL REDUÏDA



En conduir amb una quantitat reduïda d'alcohol a la sang, el conductor perd nitidesa visual dels objectes i usuaris de la via, tot i que continua tenint percepció d'ells.

AMB UNA TAXA D'ALCOHOL ELEVADA



Una taxa d'alcohol elevada fa que s'agregui de forma considerable la capacitat visual del conductor, i d'aquesta manera, la perifèria del seu camp de visió queda encogada, pel que no pot percebre els objectes que es troben a l'extrem.

Figura 7.10 Percepció visual segons la quantitat d'alcohol ingerida. Font: Elaboració pròpia.

L'alcoholèmia representa el volum d'alcohol present en la sang, i s'expressa en grams d'alcohol per cada litre de sang (g/l) o el seu equivalent en aire espirat.

Les taxes d'alcoholèmia es relacionen amb una clara disminució de la capacitat de conduir i un increment en el risc d'accident. No obstant això, la tendència a nivell internacional és la d'anar rebaixant progressivament les taxes màximes permeses, amb la intenció d'aconseguir el límit de 0,1- 0,2 g/l per a conductors en general i a 0 g/l per als professionals, atès que amb prou feines unes dècimes ja es poden observar alteracions en les capacitats bàsiques necessàries per a una conducció segura. Per determinar la taxa de concentració d'alcohol en sang es poden utilitzar diferents procediments. En tot cas, el més habitual és calcular-la d'acord amb la següent fórmula:

$$CAS = (V \cdot Gr \cdot \rho) / (P \cdot R \cdot 100) \quad (7.1)$$

- CAS = Concentració d'alcohol en sang
- V = Volum o quantitat de beguda en ml
- Gr = Graduació de la beguda
- ρ = Densitat de l'alcohol (0,8 g/ml)
- P = Pes corporal
- R = Factor de reducció (0,68, homes i 0,55, dones)

No hi ha dubte que les diferències individuals quan als efectes de l'alcohol sobre l'organisme són un factor molt important. Una primera diferència la podríem trobar, per exemple, entre un consumidor crònic i un altre ocasional, de tal forma que els mecanismes de tolerància del primer fan que l'alcohol no l'afecti de la mateixa forma que al segon.

Però fins i tot en els consums ocasionals ens trobarem amb que davant iguals quantitats d'alcohol ingerit, dues persones podrien aconseguir alcoholèmies diferents i fins i tot podrien experimentar diferents efectes. Les variables implicades en aquest fenomen són moltes i variades, distingint-se generalment entre aquelles que afecten als processos d'absorció, als de distribució pels teixits i als de la metabolització de l'alcohol per part de l'organisme.

S'han dut a terme nombroses recerques per correlacionar la concentració d'alcohol en sang i el grau d'intoxicació observat en un subjecte. El resultat d'aquests estudis mostra marcades variacions en la resposta de diferents subjectes, diferències degudes també als diferents patrons usats pels investigadors per definir la situació d'intoxicació (Wilde, 1985).

Taula 7.6 Efectes de l'alcohol sobre els conductors i vianants. Font: "Agència de la Salut Pública, 2007".

Efectes de l'alcohol sobre els conductors i vianants		
Alcoholèmia (g/l)	Efectes	Risc multiplicat per
0,15	Disminució de reflexes	1,2
0,20	Falsa apreciació de les distàncies	1,5
0,30	Subestimació de velocitats, pertorbació de moviments. Eufòria	2
0,50	Increment del temps de reacció	3
0,80	Pertorbació general del comportament	4,5
1,20	Forta fatiga i pèrdua de visió	9
1,50	Embriaguesa notòria	16
3,5	Coma	-
4,5	Mort	-

La legislació no pot tenir en compte les variacions de resposta entre diferents subjectes, però si pot establir un nivell per sobre del com el nombre de conductors incapacitats per conduir sigui suficient com per considerar-ho un nivell de seguretat. Actualment, el Reglament General de Circulació espanyol determina, en l'article número 20 en relació a les taxes d'alcohol permeses en sang i en aire expirat que:

No podran circular per les vies objecte de la legislació sobre Trànsit, Circulació de Vehicles a Motor i Seguretat Vial els conductors de vehicles ni els conductors de bicicletes amb una taxa d'alcohol en sang superior a 0,5 grams per litre, o d'alcohol en aire expirat superior a 0,25 mil·ligrams per litre.

Quan es tracti de vehicles destinats al transport de mercaderies amb una massa màxima autoritzada superior a 3.500 quilograms, vehicles destinats al transport de viatgers de més de nou places, o de servei públic, al transport escolar i de menors, al de mercaderies perilloses o de servei d'urgència o transports especials, els conductors no podran fer-ho amb una taxa d'alcohol en sang superior a 0,3 grams per litre, o d'alcohol en aire expirat superior a 0,15 mil·ligrams per litre.

Els conductors de qualsevol vehicle no podran superar la taxa d'alcohol en sang de 0,3 grams per litre, ni d'alcohol en aire expirat de 0,15 mil·ligrams per litre durant els dos anys següents a l'obtenció del permís o llicència que els habilita per conduir. A aquests efectes, només es computarà l'antiguitat de la llicència de conducció quan es tracti de la conducció de vehicles pels quals sigui suficient aquesta llicència.

Taula 7.7 Taxes d'alcohol permeses a Espanya segons el R.G.C. Font: "DGT, 2008".

Conductores de:	Taxa d'alcohol permesa per litre de sang	Taxa d'alcohol permesa per litre de d'aire expirat
Vehicles i bicicletes	0,5 g/l	0,25 mg/l
Vehicles de transport de més de 3.500 kg Vehicles de transport de passatgers + de 9 places Vehicles de transport públic Vehicles de transport escolar Vehicles de transport de mercaderies perilloses Vehicles de servei d'urgència o transport especial	0,3 g/l	0,15 mg/l
Conductors novells	0,3 g/l	0,15 g/l

Després de la ingestió de l'alcohol, la presència del mateix en l'organisme pot ser demostrada en diferents fluids corporals (transpiració, orina, sang i alè). La concentració relativa d'alcohol en molts d'aquests fluïts ha estat estudiada tant teòrica com pràcticament.

En un informe, publicat per Liljestrand i Linde en 1930, es discuteix la relació entre les concentracions en sang i alè. Els estudis van mostrar que la quantitat d'alcohol continguda en 2 litres d'alè eren aproximadament la mateixa que la continguda en 1 mil·lilitre de sang (Dräger, 2001).

La determinació de la concentració d'alcohol en sang per mitjà de l'aire expirat està basada en l'existència d'una relació definida entre la concentració d'alcohol en la sang que passa pels pulmons i l'aire en els alvèols. Al final de la inspiració els pulmons i, a causa de la gran superfície de contacte entre la sang i l'aire, es produeix, d'acord amb la llei d'Henry¹⁵, un equilibri entre la distribució d'alcohol en ambdues fases. Atès que a més, dins de límits bastant estrets, la temperatura del sistema es manté constant, la concentració d'alcohol en la fase gasosa depèn solament de la concentració en la fase líquida (Dräger, 2001).

El tractament legal de l'alcoholèmia es realitza sota una doble perspectiva: una de transcendència penal i una altra d'àmbit administratiu. D'aquesta manera, una infracció pot tenir conseqüències en un o en l'altre d'aquests àmbits:

Tractament penal:

Les últimes modificacions del Codi Penal estableixen penes de presó entre tres i sis mesos o el pagament d'una multa junt amb la realització de serveis a la comunitat durant 31 a 90 dies en els casos de conducció sota la influència de drogues tòxiques, estupefaents, substàncies psicotròpiques o begudes alcohòliques, a més d'una retirada de carnet entre un i quatre anys.

15 Llei de Henry: "Quan una solució aquosa d'un component volàtil aconsegueix un equilibri amb l'aire, existeix una proporció fixa entre les concentracions d'aquest component en l'aire i en la dissolució, per a una temperatura determinada".

Aquestes modificacions representen un enduriment de les penes contemplades per a aquests supòsits, ja que anteriorment es limitaven a arrests de cap de setmana o multes de menor envergadura. D'altra banda, la conducció amb temeritat manifesta i que posi en perill la vida o la integritat de les persones serà castigada amb penes de presó de sis mesos a dos anys, a més d'una retirada de carnet entre un i sis anys.

Això és rellevant per al tema que ens ocupa, atès que la conducció sota els efectes de begudes alcohòliques amb altes taxes d'alcohol en sang i amb un excés desproporcionat de velocitat respecte dels límits establerts pensa amb la nova legislació a ser considerada un cas de temeritat manifesta que posa en perill la vida o la integritat de les persones, per la qual cosa aquestes penes seran aplicables en tals situacions.

Tractament administratiu:

Per la seva banda, el vessant administratiu estableix a més les condicions d'obligatorietat de sotmetre's a les proves d'alcoholèmia (per implicació en accident, per símptomes evidents d'alcoholèmia, per comissió d'infraccions i en els controls preventius) així com les característiques que tindran les mateixes i el procediment a seguir en tals casos.

Tant la conducció amb taxes superiors a les indicades, com la negativa a sotmetre's a les proves en els casos assenyalats, es considerarà una infracció molt greu. En conseqüència, serà aplicable una multa entre 301 a 600 euros, acompanyada d'una suspensió de fins a tres mesos de durada.

De manera que la minva en la capacitat de reacció està precisada per un augment exponencial del temps necessari per establir una resposta i, al seu torn, està matisada per la quantitat i la graduació de la beguda ingerida. Les persones que condueixen sota l'efecte de l'alcohol pateixen dilació en la percepció del risc i pèrdua de capacitat per reaccionar davant la presència d'un perill. D'aquesta manera, les probabilitats que es produeixi un accident augmenten. Per tal d'il·lustrar l'afectació del consum de drogues per part de conductors i vianants en els accidents de trànsit, tot seguit s'adjunta una sèrie d'informació extreta de: "*Drogas, conducció de vehicles i accidentes de Tráfico*", publicada pel Ministeri de Sanitat i consum.

En la figura 7.11 s'exposen les dades sobre la presència de drogues d'abús en conductors morts en accidents de circulació entre 1991 i 2002.

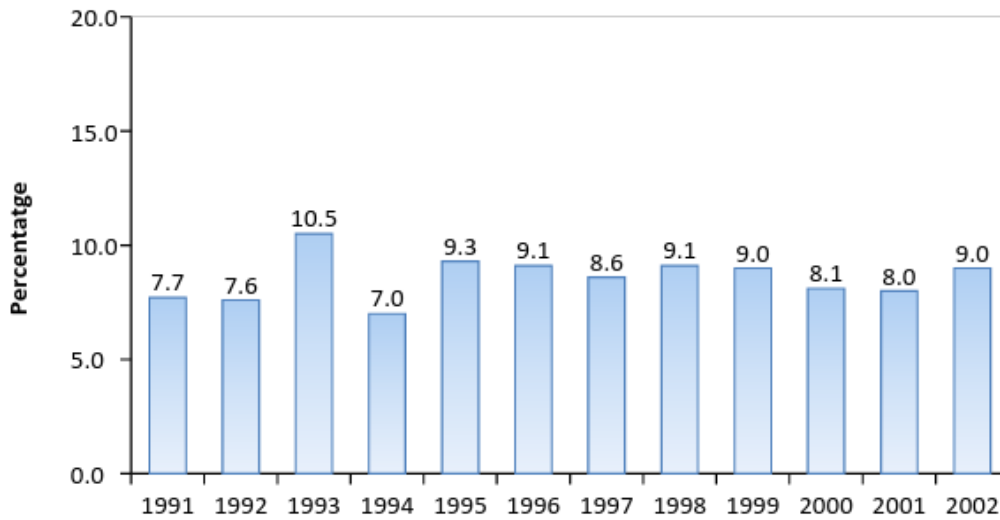


Figura 7.11 Presència de drogues d'abús en conductors morts en accident de trànsit a Espanya entre 1991 i 2002. Font: "Institut de Toxicologia (2002) i Universitat de Valladolid (2003)".

En aquest període, en el 8,6% dels casos es va detectar alguna droga d'abús. Per aquesta raó, s'ha d'incidir que és freqüent la presència de drogues d'abús en persones implicades en accidents de trànsit. En la figura 7.12 es presenten les dades referents a la presència de cànnabis en persones mortes en accidents de trànsit.

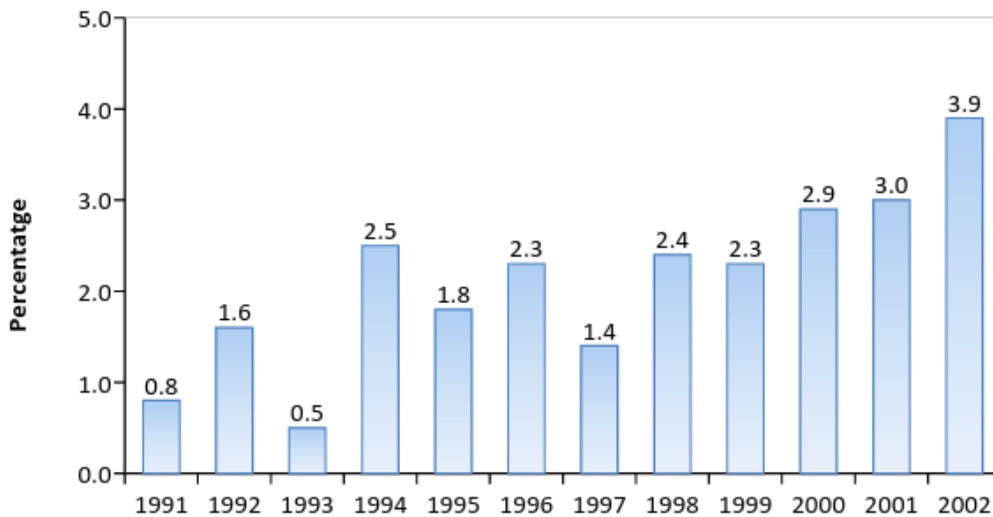


Figura 7.12 Presència de cànnabis en conductors morts en accident de trànsit a Espanya entre 1991 i 2002. Font: "Institut de Toxicologia (2002) i Universitat de Valladolid (2003)".

D'altra banda, estar sota la influència de drogues d'abús no només és rellevant per a les persones que condueixen els vehicles i els seus acompanyants, sinó també per als vianants. En la figura següent s'exposen les dades sobre la presència de drogues d'abús en vianants que

van morir en accidents de circulació entre 1998 i 2002 (MSSSI, 2003). En aquest període de temps, en el 2,9% dels casos es va detectar alguna droga d'abús (encara que això no permet afirmar que fos la causa de l'accident).

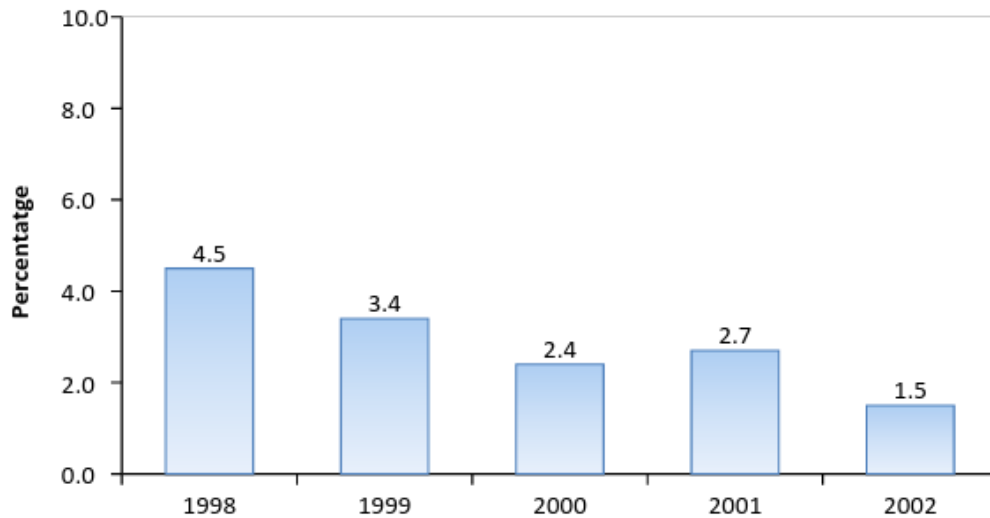


Figura 7.13 Presència de drogues d'abús en vianants morts en atropellaments a Espanya entre 1991 i 2002. Font: "Institut de Toxicologia (2002) i Universitat de Valladolid (2003)".

8. ELS ATROPELLAMENTS

8.1. Definició

Tal com s'ha definit a l' inici de la tesi, un atropellament consisteix en una envestida violenta d'una persona o animal, per part d'un vehicle, que pot comportar la projecció del vianant, un volteig o el fet de que el vehicle passi per sobre del vianant un cop aquest ha perdut la verticalitat com a conseqüència del cop.

Les conseqüències d'un atropellament sobre el vianant poden ser:

- Forta projecció del vianant.
- Petita projecció del vianant i pas per sobre del vehicle.
- Volteig.

En relació amb les conseqüències lesives dels atropellaments, cal destacar que, en principi, totes tres dinàmiques d'accident presenten un potencial lesiu significatiu. De manera que les conseqüències lesives dels atropellaments solen ser greus per als vianants.

En els atropellaments, a igual velocitat, l'energia alliberada dependrà de la massa, sent més greu, per tant, l'atropellament per vehicles pesats que per vehicles més lleugers. Influxa també la possibilitat de

deformació de l'estructura que colpeja al vianant, de manera que els para-xocs deformables, de materials plàstics, són menys lesius que els d'automòbils antics, fabricats amb metall.

El factor més determinant de la gravetat en l'atropellament és la velocitat a la qual té lloc l'impacte. En més del 90% dels casos, l'atropellament suposa un impacte lateral per a la víctima (DGT, Principios de Biomecánica del Accidente de Tráfico, 2011). Els atropellaments a baixa velocitat i fent marxa enrere el vehicle –menys del 1%– solen produir lesions lleus, però igualment destacables.

8.1.1. Dades d'atropellaments

Des de fa anys, especialment amb l'entrada del nou segle XXI, les administracions públiques i agents socials estan treballant amb decisió i eficàcia per a millorar la seguretat viària i gràcies a aquesta tasca s'ha aconseguit reduir significativament el nombre de morts per accident de trànsit. Per exemple a Europa l'any 2000 hi va haver 56.427 morts mentre que l'any 2010 n'hi va haver 31.029, el que suposa una reducció del 45%. En el cas de Catalunya, la reducció encara ha estat superior i s'ha passat de 778 morts l'any 2000 a 381 l'any 2010, és a dir una reducció del 51% (MOBAL, 2013).

Aquesta tendència general a la millora, tot i que també es compleix amb els vianants, ho fa amb una intensitat menor. De fet, a Catalunya, des de l'any 2009 hi ha una tendència a l'alça en el nombre de vianants morts i ferits greus, tot i que la tendència general en l'àmbit urbà està a la baixa. *Vegeu la fig. 8.1.*

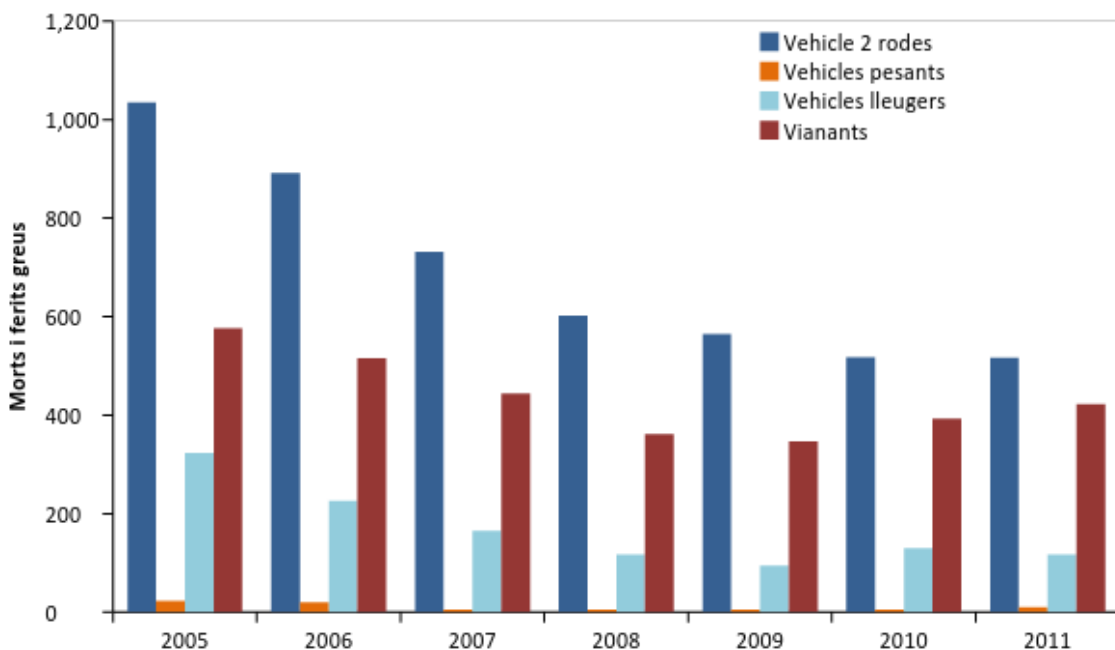


Figura 8.1 Evolució accidents de trànsit per mitjà de transport. Font: Servei Català de Trànsit, Anuari 2011.

Una altra dada que mostra l'atenció necessària que cal dedicar als vianants la trobem en comparar el percentatge de morts en accident de trànsit que són vianants respecte el total de víctimes mortals en zona urbana. S'observa com en el conjunt d'Espanya, representen el 48% mentre que a Europa són del 37% de mitjana. De fet, tot i que Espanya és un dels països que més ha aconseguit reduir el nombre d'accidents i de víctimes, en l'aspecte dels vianants s'observa com els resultats no són tant satisfactoris com en el conjunt de la seguretat viària (Europa.edu, 2013).

Tot seguit i de cara a il·lustrar les dades més rellevants sobre atropellaments, existents abans de la present Tesi, s'adjunten tota una sèrie de suports gràfics extrets de la pagina web de la DGT:

Atropellaments per edats i tipus de via: Es pot apreciar com el nombre d'atropellaments és molt superior en entorns urbans que en entorns interurbans, tot i que la mortalitat és comparable en tots els entorns, associem aquest fet a la presència de vianants en entorns urbans superior a la dels entorns interurbans, i per tant, és lògic que el nombre d'atropellaments sigui major en aquesta mena d'entorns. Així mateix, el fet que la taxa de mortalitat sigui comparable en tots dos entorns es deu a que la velocitat dels vehicles es major en entorns interurbans i per tant, també ho és la gravetat de les lesions patides pels vianants.

AÑOS	0 a 4	5 a 14	15 a 17	18 a 24	25 a 64	65 y más	No especificada	TOTAL
1993	30	252	116	302	1.089	546	121	2.456
1994	44	217	100	241	1.040	483	91	2.216
1995	23	214	105	228	1.023	550	85	2.228
1996	35	178	95	188	1.020	508	83	2.107
1997	23	181	90	225	968	577	56	2.120
1998	28	156	81	226	1.003	547	64	2.105
1999	31	176	90	217	1.019	553	103	2.189
2000	27	120	89	230	1.039	504	79	2.088
2001	20	110	76	185	982	496	95	1.964
2002	16	120	45	159	928	480	100	1.848
2003	14	118	47	168	930	494	89	1.860
2004	15	82	45	132	803	450	76	1.603
2005	26	100	44	135	804	396	46	1.551
2006	19	90	48	129	789	407	70	1.552
2007	26	107	33	129	763	387	78	1.523
2008	12	84	37	113	665	344	69	1.324
2009	18	83	40	100	645	301	60	1.247
2010	13	84	30	91	635	315	50	1.218
2011	9	59	31	78	511	272	47	1.007

Figura 8.2 Evolució dels atropellaments per edats en vies interurbanes. Font "DGT, 2012".

AÑOS	0 a 4	5 a 14	15 a 17	18 a 24	25 a 64	65 y más	No especificada	TOTAL
1993	370	1.825	511	1.054	4.001	2.701	1.082	11.544
1994	408	1.823	501	1.037	3.916	3.077	1.003	11.765
1995	364	1.762	482	1.043	3.968	3.061	1.017	11.697
1996	383	1.735	481	1.032	4.131	2.939	1.141	11.842
1997	367	1.598	457	1.032	4.155	3.105	910	11.624
1998	368	1.582	423	1.002	4.350	3.096	977	11.798
1999	264	1.436	397	893	4.008	3.004	931	10.933
2000	277	1.287	370	918	4.162	3.055	1.341	11.410
2001	309	1.248	347	951	4.066	2.939	1.234	11.094
2002	304	1.171	297	827	4.117	2.851	1.489	11.056
2003	315	1.182	298	824	3.975	2.657	1.491	10.742
2004	324	1.118	307	759	3.881	2.704	1.425	10.518
2005	319	1.150	285	748	4.008	2.647	916	10.073
2006	324	1.082	285	789	4.237	2.540	957	10.214
2007	268	991	290	729	4.165	2.547	916	9.906
2008	293	1.064	345	745	4.097	2.649	629	9.822
2009	320	1.009	324	705	4.165	2.639	478	9.640
2010	297	1.025	313	709	4.203	2.615	543	9.705
2011	340	1.177	338	799	4.173	2.755	656	10.238

Figura 8.3 Evolució dels atropellaments per edats en vies urbanes. Font "DGT, 2012".

Causa dels atropellaments: Es pot apreciar com la causa principal d'atropellaments en entorns interurbans i urbans es troba associada no fer ús del pas de vianants o efectuar el creuament en condicions inadequades.

MOTIVO DEL ACCIDENTE (INFRACCIONES DEL PEATÓN)	NÚMERO DE ACCIDENTES			NÚMERO DE PEATONES VÍCTIMAS			
	Con peatones muertos	Con peatones heridos	Total	Muertos	Heridos graves	Heridos leves	Total
No respetar señal del semáforo	0	3	3	0	2	1	3
No utilizar paso de peatones	3	21	24	3	10	12	25
No respetar señal del agente	0	0	0	0	0	0	0
Irrumpir o cruzar la vía antirreglamentariamente	75	222	297	82	130	97	309
Estar o marchar por la calzada antirreglamentariamente	28	61	89	31	31	30	92
Estar o marchar por el arcén antirreglamentariamente	2	10	12	2	6	5	13
Subir o bajar del vehículo antirreglamentariamente	1	2	3	1	1	1	3
Otras infracciones	11	51	62	12	16	38	66
Ninguna infracción	22	414	436	27	104	365	496
No especificado	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	142	784	926	158	300	549	1.007

Figura 8.4 Infracció dels vianants víctimes en via interurbana. Font: "DGT, 2012".

MOTIVO DEL ACCIDENTE (INFRACCIONES DEL PEATÓN)	NÚMERO DE ACCIDENTES			NÚMERO DE PEATONES VÍCTIMAS			
	Con peatones muertos	Con peatones heridos	Total	Muertos	Heridos graves	Heridos leves	Total
No respetar señal del semáforo	0	1	1	0	0	1	1
No utilizar paso de peatones	3	1	4	3	1	0	4
No respetar señal del agente	0	0	0	0	0	0	0
Irrumpir o cruzar la vía antirreglamentariamente	2	9	11	3	2	6	11
Estar o marchar por la calzada antirreglamentariamente	0	5	5	0	5	5	10
Estar o marchar por el arcén antirreglamentariamente	0	1	1	0	1	0	1
Subir o bajar del vehículo antirreglamentariamente	0	0	0	0	0	0	0
Otras infracciones	1	10	11	1	2	8	11
Ninguna infracción	13	81	94	14	40	49	103
No especificado	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	19	108	127	21	51	69	141

Figura 8.5 Infracció dels vianants víctimes en casc urbà. Font: "DGT, 2012".

Circumstàncies ambientals i d'il·luminació: Es pot apreciar com la major part dels accidents es produeixen en horari diürn, tant en vies urbanes com interurbanes, tot i que també és significatiu el nombre d'accidents que es produeixen de nit en vies urbanes suficientment il·luminades.

LUMINOSIDAD Y FACTORES ATMOSFÉRICOS	TOTAL DE ACCIDENTES	TOTAL DE VÍCTIMAS	Uno o más vehículos	Obstáculo en la calzada	Atropello de peatones	Atropello de animales
A. EN VÍA INTERURBANA:						
1. Luminosidad						
En pleno día	24.834	38.306	12.853	391	450	93
Crepúsculo	1.676	2.646	751	29	45	22
Noche, vía suficientemente iluminada	2.387	3.820	1.224	71	90	13
Noche, vía insuficientemente iluminada	2.232	3.508	892	56	95	59
Noche, vía no iluminada	4.749	7.840	1.452	143	136	181
NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES	35.878	56.120	17.172	690	816	368
2. Factores atmosféricos						
Buen tiempo	30.336	47.360	15.043	595	740	343
Niebla intensa	162	281	57	5	3	2
Niebla ligera	173	332	60	3	2	5
Lloviznando	3.336	5.214	1.298	55	41	13
Lluvia fuerte	841	1.275	308	15	17	2
Granizando	59	149	29	1	0	0
Nevando	60	98	18	3	0	0
Viento fuerte	199	285	68	7	8	0
Otros	712	1.126	291	6	5	3
NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES	35.878	56.120	17.172	690	816	368
B. EN VÍA URBANA:						
1. Luminosidad						
En pleno día	33.818	43.179	21.032	976	6.842	25
Crepúsculo	2.011	2.803	1.116	98	439	1
Noche, vía suficientemente iluminada	10.607	14.764	6.285	698	1.857	12
Noche, vía insuficientemente iluminada	534	725	221	48	136	2
Noche, vía no iluminada	179	296	50	17	15	2
NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES	47.149	61.567	28.704	1.837	9.289	42
2. Factores atmosféricos						
Buen tiempo	43.181	56.433	26.659	1.609	8.525	41
Niebla intensa	45	58	20	1	11	0
Niebla ligera	93	120	40	4	21	0
Lloviznando	2.987	3.832	1.587	182	519	1
Lluvia fuerte	372	502	176	9	120	0
Granizando	7	7	2	0	3	0
Nevando	10	16	3	0	5	0
Viento fuerte	86	109	42	9	15	0
Otros	368	490	175	23	70	0
NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES	47.149	61.567	28.704	1.837	9.289	42

Figura 8.6 Lluminositat i factors atmosfèrics en relació amb la tipologia dels accidents. Font: "DGT, 2012".

Comparació amb la resta de països europeus: Es pot apreciar com el nombre de morts en Espanya és semblant al de la resta de països en termes relatius a la seva població, tot i que el nombre de lesionats a Espanya és significativament menor.

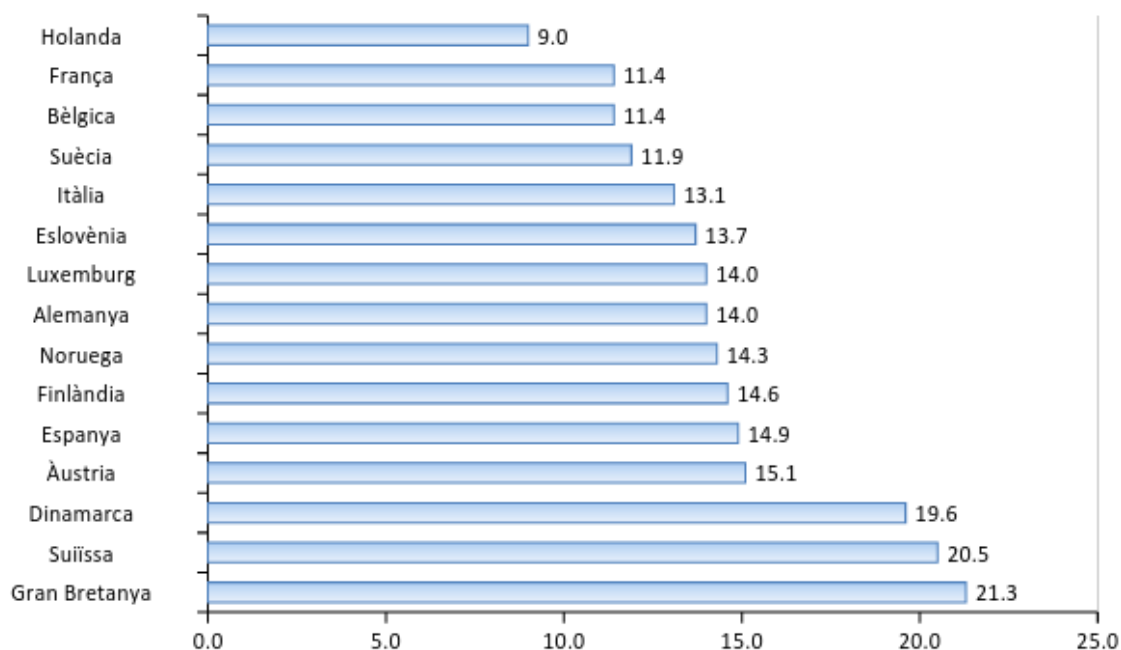


Figura 8.7 Vianants morts respecte el total d'accidents fatals en accidents de trànsit a l'any 2006.
Font: "RACC, 2009".

La tendència de les morts de vianants en relació amb les morts en carretera en total mostra que en 7 dels 10 països que van participar en l'enquesta d'EuroTest l'any 2005 i 2006, va haver-hi un increment en la relació entre les morts de vianants i les morts en carretera en general. A Finlàndia hi ha hagut novament un increment de més del 30%, mentre que a Àustria d'un 28,8%. Alemanya ha estat novament el país que ha aconseguit les majors millores quant a les morts de vianants, amb un descens de gairebé el 17% (RACC, 2009).

Com és sabut, els vianants es troben entre els usuaris de la via pública més vulnerables a les lesions causades pel trànsit. Fer front a les condicions complexes i, en ocasions, hostils, del trànsit que caracteritzen a les ciutats i els pobles avui dia, s'ha convertit en un desafiament, especialment en el cas de les persones de més edat i els joves.

Malgrat que els vianants no representen un risc important per a altres usuaris de les vies públiques, sí es troben exposats a riscos que posen la seva vida en perill.

No obstant això, no se'ls ha tingut prou en compte en la formulació dels codis de circulació vial actuals, que s'han centrat a facilitar el trànsit motoritzat.

La inseguretat, ja sigui real o percebuda, té un efecte important en la decisió de caminar, especialment en el cas dels nens i els ancians. Preocupa especialment la disminució dels desplaçaments a peu que s'ha observat entre els nens, motivada en part per la percepció dels seus pares que caminar és una activitat d'alt risc (Forum, 2009).

Encara que és lògic pensar que els passos de zebra repercuteixen en el descens

d'atropellaments i situacions de perill, segons les xifres d'accidentalitat que es resumeixen a continuació, aquests passos per si mateixos no són garantia suficient perquè els transeünts creuin una calçada sense córrer el risc de sofrir un atropellament.

Cal tenir en compte el factor relacionat amb l'entorn, la reducció del contacte visual entre el vianant i el conductor, que pot generar situacions de perill en els passos de zebra. Els elements que impedeixen una adequada visibilitat són, entre uns altres (A E Carretera, 2007):

- Mobiliari urbà que impedeix la visibilitat de la senyalització, tals com a marquesines, fanals, o un altre equipament urbà.
- Ubicació incorrecta o inexistència de la senyalització adequada, especialment les de preavís.
- Aparcament indiscriminat.
- Parada d'autobús.
- Vegetació.
- Marques vials de passos per a vianants deteriorades fins al punt de no ser perceptibles pel conductor.

8.2. Tipus d'atropellaments

8.2.1. Forta projecció del vianant (Forward Projection)

En la Unió Europea moren cada any més de 40.000 persones en accidents de trànsit, dels quals uns 6.000 són vianants que van resultar atropellats. Les dades d'accidents mostren que en aproximadament el 70% de les morts de vianants es van produir per xoc amb el frontal del vehicle (Olona, 2008).

En un accident frontal típic a velocitats moderades, l'impacte del para-xocs i capó del cotxe provoca que el vianant voltegi sobre la part davantera del cotxe i el seu cap colpegi la part alta del capó, el parabrisa o el marc del parabrisa, o que a causa de l'energia transferida pel vehicle, el vianant pateixi una forta projecció parabòlica per després impactar contra el paviment i patir un arrossegament per sobre d'aquest.

Quan un vianant és impactat per sobre del seu centre de gravetat, com ocorre amb els vehicles de front alt i vertical (furgonetes o tot terrenys) és llançat cap a davant del frontal del vehicle. Quan el vianant és de talla petita com en el cas d'un nen, també es produirà una projecció frontal, fins i tot en el cas d'un automòbil de front baix tipus turisme, atès que el centre de gravetat de la víctima també es trobarà per sota del punt d'impacte. La característica principal d'aquest tipus d'atropellaments és que fonamentalment només existeix un únic impacte del vianant amb el vehicle. El vehicle desaccelera quan colpeja al vianant, el vianant cau a la carretera i llisca fins a la posició final (Gálvez, 2011).

Es tracta d'una tipologia d'atropellament amb un potencial important de causar lesions en els

vianants, que a priori serà més gran a mesura que més distanciada i més elevada sigui la projecció patida. L'alçada de la projecció dependrà, d'una banda, de l'energia transferida pel vehicle en l'impacte i per altra, de l'angle de sortida del vianant i conseqüentment de les característiques de vianant i vehicle.

La distància de projecció serà així mateix dependent de l'angle de sortida, però principalment de l'energia transferida pel vehicle i conseqüentment de la seva velocitat d'impacte. De fet l'anàlisi de la distància de projecció del vianant és una eina que mitjançant la metodologia semi empírica de Searle, basada en les equacions de mecànica clàssica del tir parabòlic, és emprada per a fer càlculs de velocitat del vehicle en el moment del impacte. El mètode s'aplica a atropellaments de vianants amb trajectòria en la qual el vianant és projectat cap a endavant del vehicle, per a aquest tipus de casos es poden determinar els límits de la velocitat d'impacte d'acord a la distància de projecció S ; a partir de l'equació teòrica s'ajusten els resultats pel factor d'impacte (François, 2007).

8.2.2. Petita projecció del vianant i pas per sobre del vehicle (Wrap Trajectory)

La projecció del vianant és concreta quan el centre de gravetat del vianant es troba per sota de la vora del vehicle (també cops laterals i marxa enrere).

Les lesions són produïdes pel contacte directe amb tot el frontal del vehicle, a més, es produeix un fort cop amb el sòl i posterior arrossegament. A més velocitat del vehicle major projecció del vianant. La projecció és molt freqüent en atropellaments de nens o persones de baixa alçada (Ceballos, 2011).

Sovint l'energia transferida pel vehicle al vianant (especialment en atropellaments a velocitats moderades), és reduïda, de tal forma que el grau de projecció del vianant és així mateix reduït, implicant bàsicament una desestabilització i caiguda sobre el terra. Aquesta caiguda del vianant en les proximitats del vehicle pot venir seguida d'un pas per sobre del vianant per part del vehicle.

En aquest tipus d'atropellament mentre el vehicle segueix amb la seva trajectòria, el vianant continua la seva acceleració cap a davant respecte el terra, però com ho fa amb una velocitat menor a la de l'automòbil, es va apropant en direcció a l'habitacle, fins a produir-se sovint un segon contacte aquesta vegada amb el capó o vora inferior del parabrisa.

Per la maniobra de frenada, el vehicle es desacelera i el vianant comença a separar-se del capó, atès que la seva velocitat ara es fa major pel que fa a la velocitat en desaceleració de l'automòbil, sent finalment llançat cap a davant del front del vehicle. La velocitat d'impacte desenvolupada en aquest model és d'uns 30 km/h. Els vianants no són generalment voltejats en els accidents d'aquesta categoria (Bermúdez, 2008).

Es tracta d'una tipologia d'atropellament amb un gran potencial de generació de lesions, ja no

associats a la velocitat d'impacte del vehicle, que si en principi és reduïda la projecció també ho serà, sinó més aviat es tractarà d'una lesivitat fortament dependent de la massa del vehicle i amb més concreció del pes que gravita sobre la(es) roda(es) davantera(es), que serà el que haurà de suportar el vianant en el moment en el qual el vehicle li passa per sobre.

Així mateix la intensitat, ubicació i tipologia de les lesions dependran de quina és la banda del cos del vianant per la qual el vehicle passa per sobre.

Dins aquesta categoria es pot incloure la categoria de trajectòries de volteig sobre l'aleta, que es dona tant per a vehicles frenant com per a aquells que no ho estan. Aquest model se sol presentar quan el vianant és colpejat prop d'alguna de les aletes del davant del vehicle, realitzant una trajectòria per damunt i cap a fora de l'aleta. Finalment el vianant cau al terra per un costat de l'automòbil, fora de la seva zona de desplaçament, sense que pugui haver-hi una posterior trepitjada.

8.2.3. Volteig per sobre el vehicle (Roof Vault o Somersault)

De vegades, especialment en el cas d'atropellaments a velocitat significativa, el vianant pateix un volteig per sobre del vehicle, que pot ésser parcial o total. El cos del vianant es projecta verticalment i de forma ascendent, recolzant-se sobre el capó del vehicle.

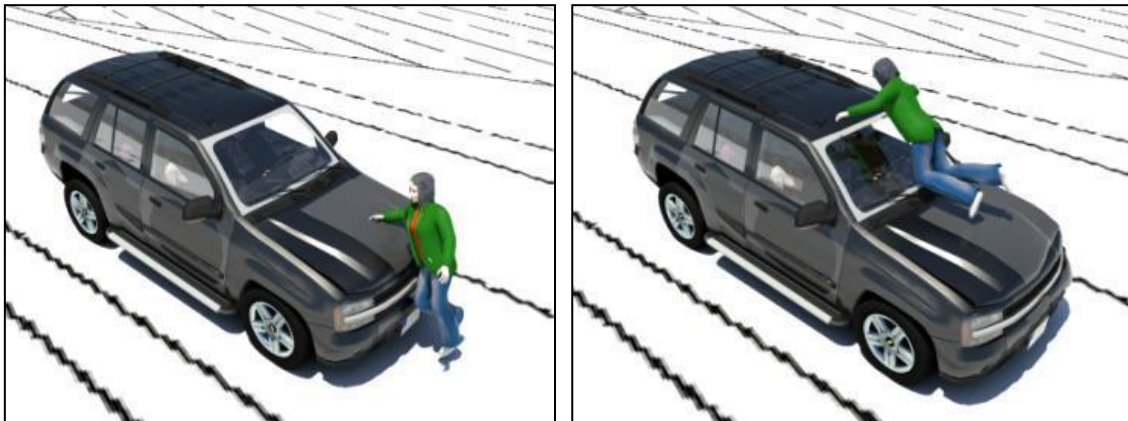


Figura 8.8 Seqüència simulada d'un volteig per sobre un vehicle. Font: Elaboració pròpia.

Aquesta mena d'atropellaments presenten així mateix un elevat potencial lesiu, en la mesura que per a produir-se el fenomen del volteig, la velocitat d'impacte del vehicle ha de ser significativa. Cal fer notar que la dinàmica del volteig pot ser total (més velocitat d'impacte) o parcial (menys velocitat d'impacte).

En els treballs publicats per diferents autors, aquest tipus de trajectòria no és comú a velocitats per sota dels 30 km/h. La velocitat d'impacte és aproximadament de 60 km/h (Bermúdez, 2008).

Així doncs, aquest tipus d'accident es diferencia de l'atropellament amb projecció en què no

existeix una caiguda cap endavant del vianant, considerant el sentit o la trajectòria prèvia del vehicle, sinó que per efecte de la velocitat, accions evasives o altres circumstàncies, el vianant és aixecat per l'impacte caient sobre el capó, parabrisa, sostre en aquest ordre i, posteriorment, al terra per la part de darrere del vehicle (Bermúdez, 2008).

8.2.4. Altres

Es tracta d'accidents que sense tenir ben bé la consideració d'atropellaments, sí que suposen accidents com a conseqüència d'una situació de conflicte entre un vianant i un vehicle. Es tracta per exemple, de xafades de peus o parts d'extremitats inferiors, sense que s'hagi produït una situació de desestabilització prèvia del vianant.



Figura 8.11 Seqüència simulada de trepitjada sense desestabilització del vianant. Font. Elaboració pròpia.

Així mateix en ocasions es produeixen impactes de parts protuberants dels vehicles com ara el mirall retrovisor o els fars del vehicle amb els vianants que es troben al voltant del vehicle. També es poden donar situacions en les quals els vianants es troben entrant o sortint dels seus vehicles i la porta entra en contacte amb un vehicle que circula per la via, produint-se enganxaments o aixafaments de mans, extremitats superiors o fins i tot extremitats inferiors.

En qualsevol cas aquesta mena de “Pseudo-atropellaments”, solen presentar un perfil de lesivitats significativament inferior a les tipologies d'atropellament pròpiament dites i que han sigut descrites abans. A més solen derivar lesivitats consistents en fractures o cops en extremitats o tot estirar en la banda del cap dels vianants.

8.3. Particularitats dels atropellaments en zona urbana

Els passos de vianants a les travesseres són elements claus per a la moderació i ordenació de la mobilitat. No només són indrets dins l'espai públic condicionats especialment per als

vianants que fan més accessible i segur el creuament de la calçada (orelles¹⁶, guals, entre d'altres), sinó que a través de diferents estratègies d'implementació s'aconsegueixen altres efectes positius com, per exemple, reduccions importants en la velocitat dels vehicles i una millora del teixit urbà respecte als desplaçaments a peu (DIBA, 2009).

En els darrers anys, la mobilitat a peu en les ciutats ha motivat l'elaboració, per part de les administracions, d'estudis per regular les demandes de pas en els seus carrers. Tot i això, cal remarcar que en gran part d'aquests estudis el vehicle es va considerar com l'actor principal en la problemàtica convivència que l'entorn urbà representava.

Això va suposar que, en ocasions, alguns dels avenços obtinguts en la mobilitat dels vehicles van ser en detriment del vianant. Un dels possibles exemples són els sistemes de regulació semafòrics: sistemes que han incrementat la capacitat de canalitzar l'intens trànsit però que, en moltes ocasions, han fet perdre part de la permeabilitat transversal que els vianants tenien.

En termes generals es poden subdividir els atropellaments en dues categories en funció de la ubicació on es produeixen. Aquestes dues categories seran:

Atropellaments interurbans: Atropellaments que es produeixen en zones allunyades dels nuclis urbans de població. Es tractarà doncs d'atropellaments en autopistes, autovies, carreteres, vies de servei, camins rurals, etc.



Figura 8.12 Simulació d'un atropellament en una zona interurbana. Font: Elaboració pròpia.

Atropellaments urbans: Atropellaments que es produeixen en nuclis urbans de població. Es tractarà d'atropellaments en ciutats, pobles, polígons industrials, etc.

¹⁶ Eixamplament de la vorera prop d'una cruïlla, que generalment provoca la supressió de l'espai d'estacionament.



Figura 8.13 Simulació d'un atropellament en una zona urbana. Font: Elaboració pròpia.

Tot i que les tipologies d'accidents i els tipus de lesions derivats dels mateixos, poden coincidir tant en vies urbanes com a interurbanes, el fet que un atropellament es produeixi en una via urbana li confereix tota una sèrie de particularitats respecte dels atropellaments que ocorren en una via interurbana (Eubanks, 1994). Tot seguit es determinen les especials particularitats que presenten els atropellaments en vies urbanes:

8.3.1. Relatius als vehicles

Tipus de vehicle: Tot i que, tant en trams urbans com en trams interurbans, poden circular gairebé tota mena de vehicles, hi ha certs tipus de vehicles que es trobaran més associats a una mena d'entorn que a un altre. Així, la menor presència d'un vehicle a un cert entorn, es traduirà amb una menor implicació d'aquesta mena de vehicle en atropellaments i a l'inrevés (es tracta simplement d'una qüestió probabilística).

De manera que per exemple, esdevé molt estrany que un vehicle articulat estigui present en un atropellament a un entorn urbà, mentre que la participació d'un autobús/autocar en un atropellament serà molt més significativa a entorns urbans que no a entorns interurbans.

Però pot ser l'exemple més evident i representatiu d'aquesta influència de l'entorn amb el tipus de vehicles implicats en un atropellament, és el cas dels ciclomotors i motocicletes, doncs són una mena de vehicles que es troben implicats en un gran nombre d'atropellaments urbans. Per contra, en entorns interurbans la participació d'aquells en atropellaments es troba molt per sota que la participació dels turismes.



Figura 8.14 Simulació d'atropellaments urbans / interurbans. Font: Elaboració pròpia.

Velocitat dels vehicles: Als entorns urbans, els vehicles tenen limitada la seva velocitat a 50 km/h, i en alguns llocs a 30 km/h. Per contra la velocitat habitual dels vehicles a entorns interurbans es troba al voltant de valors que oscil·len entre els 90-120 km/h a la major part dels trams. Aquesta diferència de velocitat de circulació es traduirà així mateix en una diferència de la velocitat en el moment de l'impacte del vehicle sobre el vianant.

8.3.2. Relatiu a les condicions de visibilitat

La presència d'elements apantallants: Tot i que en entorns interurbans també poden existir elements apantallants en els marges de la via (arbres, matolls, etc.), per una banda, són molt menys nombrosos que els elements apantallants que existeixen en els entorns urbans. D'altra banda, solen trobar-se a una major distància dels carrils de circulació de la via. En aquest sentit és una dinàmica d'atropellament habitual l'associada a la irrupció de vianants per entre vehicles estacionats, o entre contenidors, sense que el conductor del vehicle disposi de temps suficient per poder evitar el accident. *Vegeu la fig. 8.15.*

Per la qual cosa, és més habitual que els conductors disposin de capacitat per evitar els accidents en entorns interurbans que en entorns urbans.

La presència d'elements apantallants en entorn interurbans es reduïda, disposant com a norma general d'una capacitat major els conductors dels vehicles de percebre la presència dels vianants amb antelació. Per contra, als entorns urbans és habitual la irrupció dels vianants entre vehicles, contenidors o altres elements apantallants.



Figura 8.15 Simulació de la influència dels elements apantallants en els atropellaments urbans / interurbans. Font: Elaboració pròpia.

La il·luminació de les vies: Mentre que les vies dels entorns urbans es troben gairebé totes il·luminades, com a norma general la majoria dels trams interurbans no disposen d'il·luminació artificial. Aquest factor condiciona la visibilitat tant de conductors com de vianants en condicions de conducció nocturna.

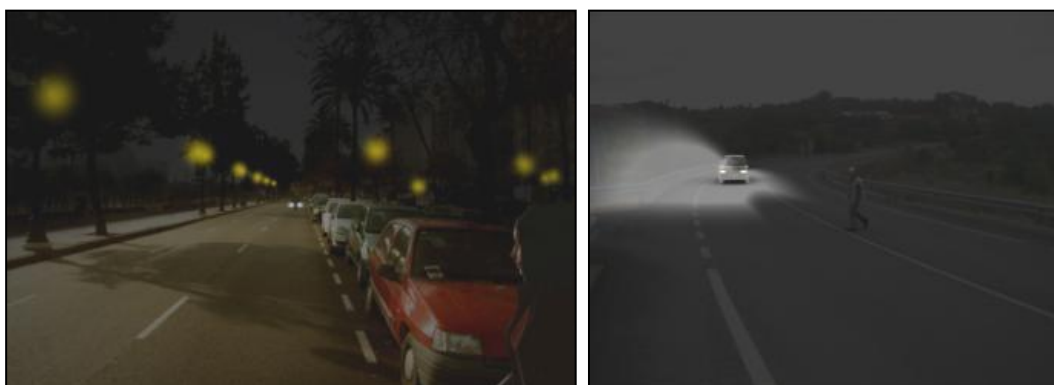


Figura 8.16 Simulació de la influència de la il·luminació en vies urbanes / interurbanes. Font: Elaboració pròpia.

Relatius als elements viaris i senyalització

La presència de passos de vianants i passarel·les: Mentre que als entorns urbans són habituals les passarel·les, i nombrosos els passos de vianants, en el cas de les vies interurbanes es difícil trobar algun element que permeti als vianants efectuar el creuament de la via per llocs habilitats.

Això implica que mentre que en els entorns urbans els vianants només han de fer desplaçaments de pocs metres, per tal de fer un creuament segur de la via, als entorns interurbans pot ser que hagin de recórrer grans distàncies, fins i tot de kilòmetres per tal de trobar una forma segura d'efectuar el creuament de la via.

Aquest fet comporta que sigui més habitual el creuament de la via per llocs no habilitats en entorns interurbans que en entorns urbans.

Als entorns urbans, la nombrosa presència de passos de vianants permet als vianants efectuar el creuament de la via d'una forma segura sense haver de variar significativament la seva trajectòria (Alba, 2001).



Figura 8.17 Simulació d'un vianant creuant pel pas de vianants d'una via urbana. Font: Elaboració pròpia.

La presència de semàfors: Mentre que als entorns interurbans les detencions dels vehicles són molt poc habituals, als entorns urbans la presència de nombroses cruïlles i de grups semafòrics provoca una continua aturada i posada en marxa dels vehicles. En aquest sentit és habitual als entorns urbans l'atropellament de vianants per part de camions un cop aquesta mena de vehicles reinicia la marxa (es tracta de vehicles amb particularitats en termes de visibilitat, que provoca que la capacitat d'un conductor de percebre la presència d'un vianant que irromp per just davant de la part frontal del vehicle sigui molt reduïda). *Vegeu fig. 8.18.*



Figura 8.18 Simulació d'un camió reiniciant la marxa en un entorn urbà. Font: Elaboració pròpia.

La presència de carrils d'estacionament: Als entorns urbans són habituals els carrils d'estacionament contigus als carrils de circulació, la qual cosa provoca un cert nombre d'atropellaments relacionats amb maniobres d'ascens i descens del vehicle, per part dels seus ocupants i que impliquen la invasió parcial del carril contigu de circulació de vehicles. Tot i que també es dona aquesta problemàtica en vies interurbanes, on els usuaris detenen el seu vehicle al voral i fan el descens, el nombre de detencions és molt més reduït que en entorns urbans, la qual cosa provoca que també ho sigui el nombre d'accidents relacionats amb aquest fenomen.

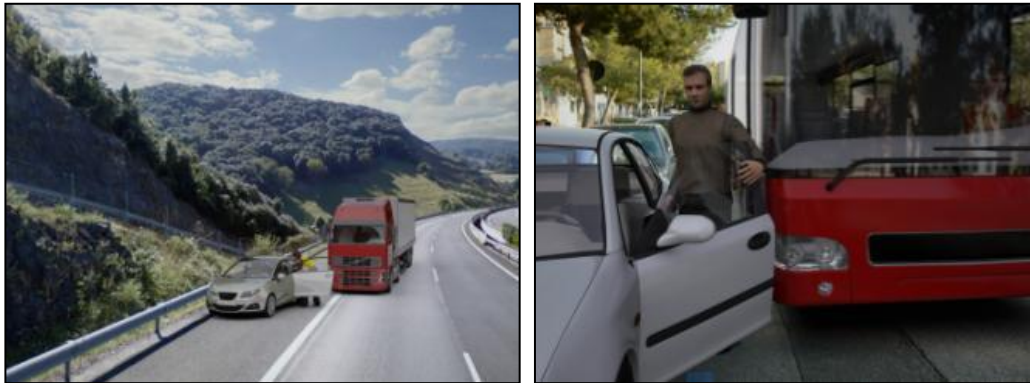


Figura 8.19 Simulació d'invasions de carril de circulació en vies urbanes / interurbanes. Font: Elaboració pròpia.

El lloc on es produeix el contacte: Mentre que als entorns interurbans la presència de vianants circulant pel voral o pel marge de la via és relativament freqüent donada la absència de voreres, als entorns urbans la presència de vianants circulant pels marges de la via és molt minoritària. Això provoca que mentre que als entorns interurbans els accidents que es produeixen fora del carril de circulació representen un percentatge no menyspreable, al cas dels entorns urbans la gran majoria dels accidents es produeixen als carrils de circulació, essent molt residual el nombre d'accidents que es localitzen a la vorera o als marges de la via.



Figura 8.20 Simulació d'atropellament en zona urbana al carril de circulació. Font: Elaboració pròpia.

Cal fer notar a més que des de la perspectiva del vehicle, la invasió del voral no suposa superar cap obstacle físic, mentre que en el cas de les voreres urbanes existeix un desnivell que el vehicle ha de superar. En la major part del casos en els quals es produeix un atropellament en vorera a un entorn urbà, es troba associat amb una col·lisió prèvia del vehicle que provoca una intensa pèrdua de control.

En canvi, els accidents fora dels carrils de circulació es solen produir sovint als entorns interurbans degut a que el trànsit de vianants pel voral es sol produir amb certa freqüència en aquesta mena d'entorns.

8.3.3. Relatius a la tipologia del contacte

La varietat de maniobres que es produeixen als entorns urbans: Als entorns interurbans, gairebé tots els accidents que es produeixen, consisteixen en un impacte de la banda frontal del vehicle contra el vianant, trobant-se el vehicle en dinàmica de circulació.

Aquesta mena de tipologia de col·lisió és també la més freqüent als entorns urbans, però a aquesta mena d'entorns la tipologia de col·lisió presenta una major varietat.

Així, peculiaritats dels entorns urbans com les maniobres d'aturada, de reinici de la marxa, d'aparcament, etc., determinen una varietat de contactes de tal forma que aquests ja no seran necessàriament amb la part frontal del vehicle, sinó que es poden produir contactes amb el lateral o amb la banda posterior del vehicle.

De manera que una mena d'atropellament que es dóna amb certa freqüència als entorns urbans i que és molt estrany en entorns interurbans, és l'atropellament del vianant amb la

banda posterior del vehicle quan aquest es troba en dinàmica de marxa enrere.



Figura 8.21 Simulació d'un atropellament marxa enrere. Font: Elaboració pròpia.

Les diferències associades a la intensitat i ubicació dels danys i lesions en tots dos entorns: Als entorns interurbans, com ja hem dit, la tipologia gairebé única d'atropellament és la consistent en un impacte de la banda frontal del vehicle que circula a una velocitat significativa, mentre que als entorns urbans la banda del vehicle amb la qual contacta presenta més varietats, al temps que les velocitats de circulació dels vehicles són molt més reduïdes.

Això implicarà, per una banda i associat a les diferents tipologies, que la ubicació dels danys als vehicles serà molt més variada en entorns urbans que en entorns interurbans on els danys se centraran en la banda frontal o, com a molt, al sostre.

D'altra banda, associat a la tipologia i a la diferència de velocitat en tots dos entorns (per exemple, a velocitats reduïdes són habituals els desequilibris de vianants i el pas per sobre del vehicle; a velocitats mitjanes la dinàmica del vianant sol ser la d'una projecció; i a velocitats elevades la dinàmica habitual del vianant es la del volteig), la ubicació i intensitat de les lesions dels vianants serà també diferent en tots dos entorns.

8.4. Danys materials registrats en atropellaments

Els atropellaments suposen un contacte entre un vehicle que circula a una certa velocitat i un vianant que es troba en posició estàtica o transitant a velocitat reduïda. Això implica que mentre que les lesions que es deriven cap als vianants solen ser de consideració, el danys dels vehicles solen ser moderats o al menys molt més reduïts que en altra mena d'accidents on es troben implicats vehicles.

La ubicació, intensitat i ubicació dels danys dels vehicles, dependran del tipus de vehicle i del tipus d'atropellament, tot i que en la majoria dels casos s'ubicaran majoritàriament a la part frontal del vehicle, que és la banda del vehicle més susceptible d'entrar en contacte amb el vianant.

El tipus d'interacció vehicle – vianant sovint es pot establir a partir dels danys del vehicle. Per als impactes de projecció cap endavant, el vehicle típicament té danys a la coberta del para-xocs frontal on impacten les cames del vianant, un buit al capó on impacte el maluc o la pelvis del vianant contacte, i una fractura en la base del parabrisa compatible amb l'impacte del cap (Gardnier, 2011).



Figura 8.22 Impactes observats en un atropellament amb la part frontal del vehicle. Font: (Gardnier, 2011).

En el cas dels volteigs, els danys tenen patrons similars als dels impactes frontals amb projecció, però les fractures es produeixen a qualsevol lloc del parabrisa des de la base fins a la part superior.

En relació amb el tipus de vehicles, mentre que ciclomotors, motocicletes i turismes seran vehicles susceptibles de patir danys especialment en la seva part frontal, altra mena de vehicles, com ara camions o autocars (els quals presenten un frontal molt reduït), patiran com a norma general danys de molt reduïda intensitat, fins i tot en alguns casos nul·la o menyspreable.

Els danys derivats en camions i autocars com a conseqüència d'atropellaments sol ser molt reduït o fins i tot nul. En canvi, vehicles com turismes solen patir danys en la seva banda frontal.

En el cas de ciclomotors i motocicletes, es produeix un fet peculiar respecte a la resta de vehicles, que consisteix a que normalment en cas d'atropellament d'un vianant per aquesta mena de vehicle, l'atropellament sol anar acompanyat d'una desestabilització del vehicle i un arrossegament pel paviment, que pot produir-se com a conseqüència del contacte o com a conseqüència d'una maniobra evasiva efectuada prèviament al contacte (Brach, 2005).



Figura 8.22 Simulació d'una motocicleta que pateix un arrossegament previ a un atropellament com a conseqüència de la maniobra evasiva duta a terme. Font: Elaboració pròpia.

Això implicarà a més d'un potencial risc de lesions per part del pilot, uns danys en el vehicle associats a l'arrossegament. Per altra banda, cal fer notar la dependència dels danys amb el tipus d'atropellament, així analitzarem els quatre tipus bàsics d'atropellaments que havíem definit a l'apartat 8.2 *Tipus d'atropellaments*.

Força projecció del vianant: Es tracta d'un contacte entre la part frontal del vehicle que circula a velocitat significativa i el vianant, això implicarà danys significatius en la banda frontal i lluna davantera del vehicle, consistents bàsicament en enfonsament de la xapa frontal i trencament de la lluna com a conseqüència del contacte del vianant amb aquests elements.



Figura 8.23 Dinàmica del centre gravitacional de masses i danys associats a aquesta mena d'accident. Font: "Servei Català de Trànsit, 2000".

Evidenciant uns danys en el parabrises per un turisme que ha patit aquesta mena d'accident. Tot i això cal fer notar la forta dependència que la intensitat i la tipologia dels danys presenta

amb el tipus i forma del frontal del vehicle.

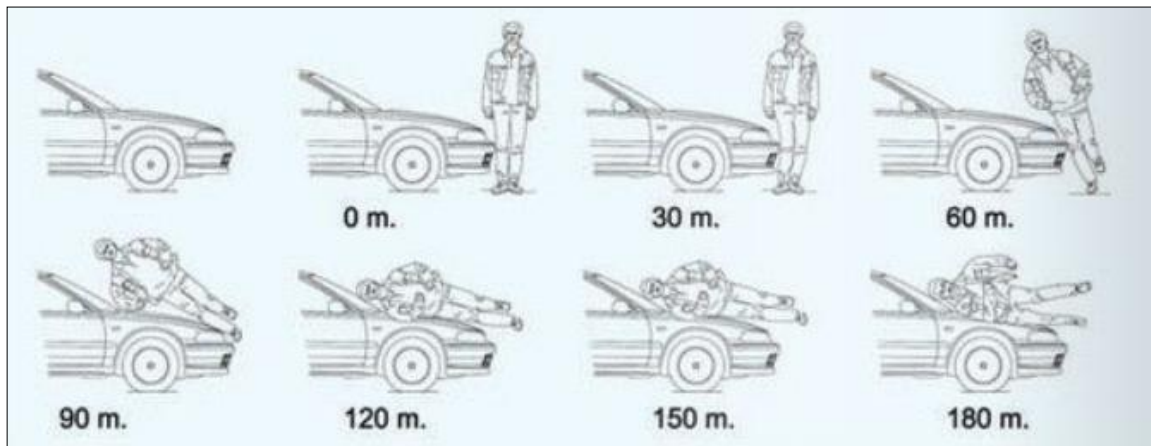


Figura 8.24 Dinàmica d'atropellament amb semi volteig. Font: "Centro Zaragoza de Investigación, 2011".

Petita projecció del vianant i pas per sobre del vehicle: Es tracta d'un tipus d'atropellament en el qual el vehicle impacta amb la seva banda frontal i amb molt poca velocitat i consegüentment amb molt poca energia (la justa per desestabilitzar al vianant). Això implicarà danys nuls o d'escassa entitat en la seva banda frontal. En relació amb la posterior trepitjada del vianant, aquesta normalment no comportarà danys en el vehicle o en tot cas danys moderats en els baixos del vehicle. Així doncs, poden concloure que es tracta d'una tipologia d'accident amb un potencial reduït d'induir danys en el vehicle.

Volteig: Es tracta d'una mena d'atropellament en el qual el vehicle impacta a elevada velocitat i provoca una projecció del vianant per sobre el vehicle. Implicarà per una banda danys d'intensitat elevada i afectació a més de la banda frontal del sostre del vehicle.

A la figura 8.25, es pot apreciar com en un atropellament d'un vehicle a la velocitat de 81 km/h, el transeünt que ha patit un volteig complet deforma el sostre del vehicle produint una sèrie de danys a la carrosseria.

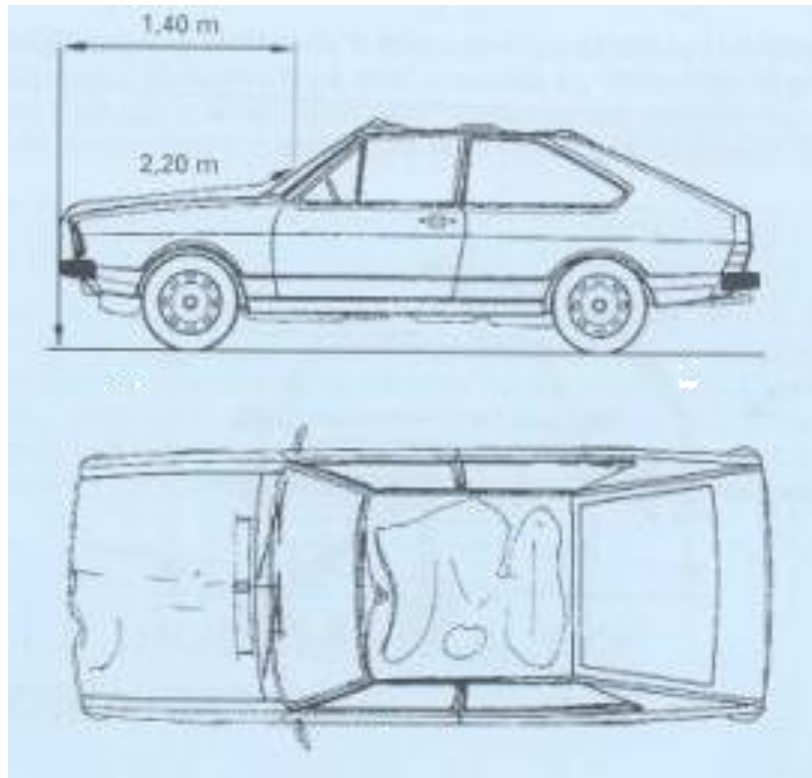


Figura 8.25 Vehicle que atropella una persona circulant a una velocitat de 81 km/h. Font: "Servei Català de Trànsit, 2000".

Altres; Es tracta d'accidents que sense tenir ben bé la consideració d'atropellaments, sí suposen accidents com a conseqüència d'una situació de conflicte entre un vianant i un vehicle (xafades de peus o parts d'extremitats inferiors, sense que s'hagi produït una situació de desestabilització prèvia del vianant, impactes per elements prominents del vehicle, com ara retrovisors, etc.). Considerariem així mateix dintre d'aquesta categoria impactes amb la banda lateral o angular del frontal del vehicle, que no implicarien un elevat grau de contacte entre vianant i vehicle.

Al cas de xafades per part del vehicle o contactes laterals amb el vianant, els danys serien nuls o molt reduït.

Al cas de contacte amb elements perifèrics del vehicle o contactes amb bandes angulars del vehicle, els danys típics consisteixen en trencament dels elements de contacte com ara el far o el retrovisor del vehicle, o petites afectacions de les bandes perifèriques de la xapa o els vidres del vehicle. No obstant, depenent de la velocitat d'impacte, els danys que es poden produir en vianants o ciclistes poden tenir diferent magnitud.



Figura 8.26 Exemple de contacte entre vianant i vehicle en elements perifèrics. Font: "Informe Tècnic Policial, 2009".

Tant si és consuma el volteig, com si el cos de la persona és atropellat i surt pel costat del capó, com si resulta impulsat cap a endavant, les fases següents són sempre les de projecció (un vol o tir parabòlic que no ocasiona lesions) i de caiguda (contra elements normalment rígids, com a arbres, edificis, vehicles o el mateix paviment), que produeixen equimosis i erosions de les parts més prominents del cos (mans, colzes, front nas, genolls), a part de la tendència a patir lesions en el cap, la part del cos més pesada i descompensada (Olona, 2008).

8.5. Lesivitats a les persones registrades en atropellaments

La distribució estadística de les lesions observades en els vianants atropellats, segons la regió corporal afectada, ha estat objecte de bastants estudis epidemiològics realitzats per investigadors de diferents països des dels anys seixanta, però amb major intensitat a la fi dels vuitanta i principis dels noranta. Així, per exemple l'Estudi de Dades sobre Atropellaments a Vianants (Pedestrian Crash Data Study, PCDS) realitzat als Estats Units, entre juliol de 1994 i març de 1998, va analitzar un total de 521 sinistres d'aquest tipus amb una xifra global de 4.107 lesions catalogades (Campón, 2008).

La base de dades més àmplia sobre atropellaments a vianants es troba en la Facultat de Medicina de la Universitat de Hannover (MUH). Aquesta institució, des de 1985, ha estat duent a terme recerques en profunditat d'accidents en les escenes dels mateixos d'acord amb un pla estadístic aleatori de mostres, per encàrrec i finançament de l'Administració Federal de Seguretat Vial alemanya (BAST) (Gálvez, 2011).

Sobre la base d'aquest projecte, es va iniciar al juliol de 1999 un nou projecte de recerca on, a més d'aquesta universitat, participa la Universitat Tècnica de Dresden (TU-Dresden). El projecte ha estat denominat "German In-depth Accident Study" (GIDAS) i està finançat conjuntament a través del Govern alemany i de la indústria automobilística alemanya.

De l'anàlisi de la informació continguda en aquestes bases de dades es pot concloure que les lesions més freqüents en els atropellaments urbans i interurbans es localitzen en el cap (una mitjana del 31,4%) i en

les extremitats inferiors, amb un valor percentual de 32,6% (Campón, 2008).

Quan es produeix un accident de trànsit, una part significativa de l'energia inicial de la qual disposaven els diferents implicats, es dissipa en forma de deformacions dels vehicles i lesions en les persones.

En el cas dels atropellaments, l'aportació energètica del vianant a la col·lisió es nul·la o gairebé nul·la, la qual cosa provoca que sigui el vehicle qui fa l'aportació energètica i consegüentment el potencial d'induir danys i lesions com a conseqüència del contacte.

L'energia aportada pel vehicle a la col·lisió vindrà donada pel terme d'energia cinètica (que és l'energia que portarà el vehicle associada a la seva velocitat de circulació):

$$E_c = 1/2 m \cdot v^2 \quad (8.1)$$

On m és la massa de l'objecte i v la seva velocitat.

Per tant, com més gran sigui la massa d'un objecte i la seva velocitat major serà el valor de la seva energia cinètica. D'una observació de la fórmula s'aprecia com un increment moderat de la velocitat implica un increment significatiu de l'energia cinètica, i per tant de la capacitat lesiva en vianants.

Així doncs, en base a la massa dels vehicles, els vianants són elements molt susceptibles de patir fortes lesivitats en atropellaments, i es presentarà una forta dependència de la gravetat de les lesions patides amb la velocitat d'impacte dels vehicle (Martín, 2012).

Els vianants són elements molt susceptibles a patir lesions de gravetat. Els mecanismes lesius bàsics de producció de lesions en vianants són el propi impacte del cos contra el vehicle que l'impacta i la possible projecció i posterior caiguda sobre el paviment del vianant, tots dos processos amb un potencial lesiu elevat. A una velocitat d'atropellament de 50 km/h, el percentatge que el vianant atropellat perdi la vida és d'un 83%, sent pràcticament del 100% a 60 km/h (Pequerul, 2011).

En el cas dels atropellaments les lesions típiques són contusions fractures de les extremitats inferiors i traumatismes al cap, així com a la zona toràcica de l'accidentat com a conseqüència del impacte i pot implicar el trencament de costelles si bé en aquest cas les ruptures solen ser puntuals. Un altre tipus de lesions associades a un atropellament són les derivades de la posterior projecció i impacte del vianant contra el paviment, o contra el sostre del vehicle en el cas d'una dinàmica de volteig.

Les lesions de les extremitats inferiors, gairebé amb tota probabilitat, són causades per l'impacte del frontal del vehicle. La figura 8.27 mostra una representació esquemàtica de les principals lesions que es produeixen com a conseqüència d'un atropellament en el qual la posició del vianant és lateral. Una força d'impacte lateral que apliqui una càrrega de torsió

axial en la cama, pot produir múltiples lesions (Gálvez, 2011).

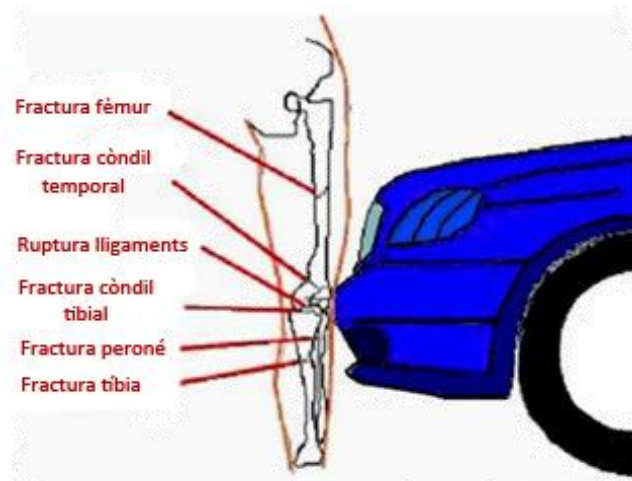


Figura 8.27 Lesions principals produïdes a les extremitats inferiors a causa d'un atropellament.
Font: "Yang, 2002".

Les diferents tipologies de lesió en les extremitats inferiors més comunes en aquest tipus d'atropellaments són les fractures d'ossos llargs (fèmur, tèbia i peroné), les lesions de genoll i els esquinços o fractures del turmell o del peu. Sense cap dubte, són unes de les lesions més comunes en els atropellaments no mortals a vianants. Per exemple, en les dades d'accidents recollits en un antic estudi britànic (Ashton, 1979), les lesions en les extremitats inferiors afectaven el 67% en les víctimes amb lesions menys greus i el 72% en les víctimes que presentaven lesions greus no mortals. De forma semblant, dades més recents, de 1996, sobre Japó aportats per l'estudi denominat ITARDA han assenyalat que les extremitats inferiors són les parts del cos més comunament lesionades, amb la majoria de les lesions greus.

Unes altres lesions característiques derivades d'una projecció són els traumatismes cranioencefàlics en la mesura que en impactar el cap contra el paviment, és freqüent que es derivin aquest tipus de lesions.

En la figura 8.28 es pot veure l'esquema de les zones corporals representatives que resulten lesionades (cercles) en un atropellament d'un vianant adult pel frontal d'un vehicle. Es mostren les trajectòries del cap pel que fa a cotxes petits (negre) i grans (blau), els canvis de localització de l'impacte del cap a dues velocitats d'impacte diferents (20 Km/h-40 Km/h), i la WAD (Wrap Around Distance, en vermell), que és la distància geomètrica des del terra, passant pel front, fins al punt de contacte vehicle-vianant.



Figura 8.28 Regions del cos lesionades i trajectòries del cap. Font: “Yang, 2002”.

8.5.1. Lesions cranials

Les lesions en el cap depenen, principalment, de la duresa de l'impacte i de la seva localització en el crani, així com de la rigidesa de la zona superficial de contacte de la part superior del capó i el parabrisa, de tal forma que quan la força d'impacte sobrepassa el nivell de tolerància, l'os cranial es fractura.

D'altra banda, si un vianant és colpejat per un automòbil, mentre es desplaça a gran velocitat, la massa encefàlica que té la consistència de gel, s'aixafa o comprimeix contra les parets internes de la volta cranial, produint-se d'aquesta forma contusions hemorràgiques dels lòbuls frontals i temporals d'una part, i del tronc cerebral per una altra. De la mateixa forma, quan el cap és objecte d'una càrrega d'inèrcia en una acceleració angular, hi haurà un moviment relatiu entre el crani i el cervell .

Quan el cap del vianant contacta amb la superfície del frontal del cotxe està sotmès per força directa de l'impacte i a una força de rotació deguda a l'acceleració angular. Així doncs el vianant pot tenir una lesió complexa de crani-cervell originada per la resposta combinada d'aquest tipus d'impacte (Gálvez, 2011).

L'indicador HIC (Head Injury Criterion) és un criteri de tolerància del cap i ha estat desenvolupat per mesurar les acceleracions lineals que actuen sobre els caps dels éssers humans, ja siguin ocupants d'un vehicle o vianants. Aquest criteri (HIC), està actualment en vigor i serveix de base per a l'homologació dels vehicles en relació amb la normativa de seguretat (Gálvez, 2011).

Els vianants sofreixen traumatismes greus a conseqüència de caigudes en espais públics i en col·lisions amb automòbils en creuar els carrers. Com és sabut, la gravetat de les conseqüències de les caigudes està subestimada. Les persones de més edat tenen major risc de sofrir lesions greus i de morir a causa d'una caiguda o d'una col·lisió amb un automòbil (Forum, 2009).

Des dels inicis del desenvolupament de la seguretat passiva, s'han intentat definir criteris quantitius i qualitius per a l'avaluació del risc del dany corporal en un accident de trànsit

(Yang, 2002). Les conclusions d'aquests estudis s'han anat plasmant posteriorment en les respectives legislacions a fi d'incrementar les condicions de seguretat dels vehicles. Aquests paràmetres, en constant evolució, permeten avaluar, via assajos de laboratori o, més modernament, simulacions per ordinador, les característiques tècniques dels vehicles, mobiliari, i altres elements amb influència en la seguretat del trànsit.

Amb l'objectiu de verificar els elements de seguretat passiva instal·lats en un vehicle es realitzen assajos i proves de laboratori. La finalitat de nombrosos treballs i línies de recerca actuals és determinar valors líndiar, que no poden ser superats en els esmentats assajos, per assegurar la idoneïtat dels sistemes o vehicles complets.

Per al mesurament d'aquests paràmetres s'han desenvolupat "dummies" que, a través de sensors, permeten avaluar les condicions i seguretat de cada sistema particular. La tolerància del cap s'ha definit en termes d'una combinació entre dos paràmetres: l'acceleració efectiva a la qual se sotmet (expressada en G's) i la durada d'aquesta acceleració efectiva (expressada en mil·lisegons).

Relacionat amb el propi impacte del vianant contra el vehicle, la possibilitat que es produeixi un impacte del cap contra el parabrises augmenta amb la velocitat a la qual es produeix l'atropellament.

En la *figura 8.29* es poden comprovar els percentatges de lesions en diferents zones anatòmiques del cos dels vianants causades per una col·lisió amb un vehicle a motor, basades en la informació recollida per la Unitat d' Investigació d'Accidents de la Facultat de Medicina de la Universitat de Hannover (Gálvez, 2011). Es pot observar a més, els percentatges dels elements que, habitualment, causen les citades lesions, ja siguin components del vehicle o de la pròpia carretera.

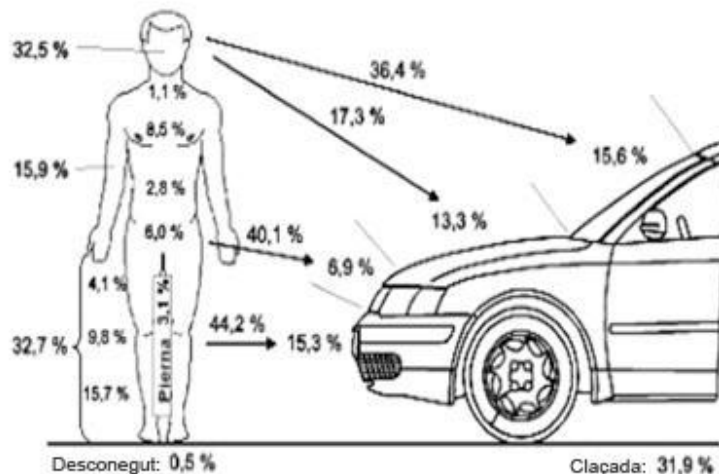


Figura 8.29 Distribució de les lesions corporals per atropellament i les zones del vehicle que les produeixen. Font: "Kalliske-Friesen, 2002".

En un atropellament les principals conseqüències que pateix un vianant són, per una banda l'impacte directe del vehicle contra la persona, un impacte que acostuma a lesionar les extremitats inferiors del vianant, causant lesions greus però que no acostumen a ser mortals.

Acte seguit, per la pròpia inèrcia de la velocitat del vehicle es produeix un impacte del cap de vianant contra la part frontal del vehicle (capó o vidre davanter), un impacte que pot resultar de conseqüències fatals.

La Directiva 2003/102/CE del Parlament Europeu i del Consell del 17 de Novembre de 2003 relativa a la protecció dels vianants i altres usuaris vulnerables de la via pública estableix mesures que permeten una millor protecció d'aquests en el cas de col·lisió amb la part davantera d'un vehicle de motor (Union, 2003).

Amb l'objectiu de reduir el nombre de víctimes d'accidents de circulació en la Comunitat la directiva adopta un paquet de mesures passives i actives per millorar la seguretat (prevenció d'accidents i reducció d'efectes secundaris mitjançant la disminució de la circulació i millores de la infraestructura) dels usuaris vulnerables de la via pública, tals com a vianants, ciclistes i motociclistes.

Una de les causes principals de mortalitat en els atropellaments són els cops contra el parabrisa o el marc que envolta a aquest. Per això s'ha desenvolupat un sistema experimental per a cotxes que podria reduir el nombre de morts i la gravetat de les ferides ocasionades en aquestes situacions, a partir d'un airbag que va instal·lat al cotxe, just a la base del vidre frontal. En cas d'impacte amb un vianant, l'airbag s'activa i crea una protecció en els possibles punts d'impacte del vianant.

El sistema s'activa just en el moment en el qual un atropellament es produeix. Si això succeeix el capó s'eleva automàticament, deixant sortir un coixí de seguretat gegant cap a davant, des del parabrisa. A continuació es pot observar la seqüència d'activació de l'airbag exterior del vehicle en cas d'atropellament a un vianant.



Figura 8.29 Seqüència d'activació airbag per a vianants. Font: "Volvo pedestrian airbag".

El sistema ha estat provat per enginyers del Centre de Recerca de Fiat a Torí, amb un Fiat Stilo i amb "dummies". Així, es va poder comprovar que colpejant un vianant a 40 quilòmetres per hora amb aquest model de cotxe, amb el capó inclinable i el coixí de seguretat exterior afegits, l'impacte sobre el vianant podria reduir-se fins a un 76%.

També es treballa en dissenyar un altre sistema que esmorteix els impactes contra les vores del parabrisa. Aquest altre sistema consisteix en una secció flexible de metall, amb forma de Z, d'uns 15 mil·límetres d'ample, que pot flexionar-se cap a dins per absorbir energia en cas de col·lisió. Segons els seus creadors, aquesta secció reduiria la força de l'impacte en més d'un 50% (Gálvez, 2011).

8.5.2. Trepitjades

En el cas de les trepitjades per part de vehicles, les lesions derivades se solen ubicar a la zona toràcica i abdominal afectant tant a les estructures òssies com als teixits i òrgans tous. En aquest sentit, cal tenir en compte que en produir un atropellament, l'individu atropellat ha de suportar el pes del vehicle desplaçant-se sobre el seu cos, factor que genera sobrepressions i esforços de tracció i compressió sobre el cos de l'accidentat.

Associats a aquest tipus d'esforços se solen produir trencaments de costelles si bé en aquest cas solen ser més generalitzades que en el cas de les derivades d'un impacte i laceracions i esquinços d'òrgans tous com pulmons, fetge, pàncrees o melsa.

Les lesions seran molt dependents per una banda de la massa del vehicle, del temps de trepitjada i de la banda del cos que és trepitjada. En el millor dels casos, si el que resulta trepitjat són les extremitats del individu, les lesions clàssiques consistiran en trencaments d'ossos i articulacions així com en abrasions i desprendiments de músculs i pell. Per contra, si la trepitjada es produeix al tronc o al crani les lesions típiques seran les ja descrites abans.

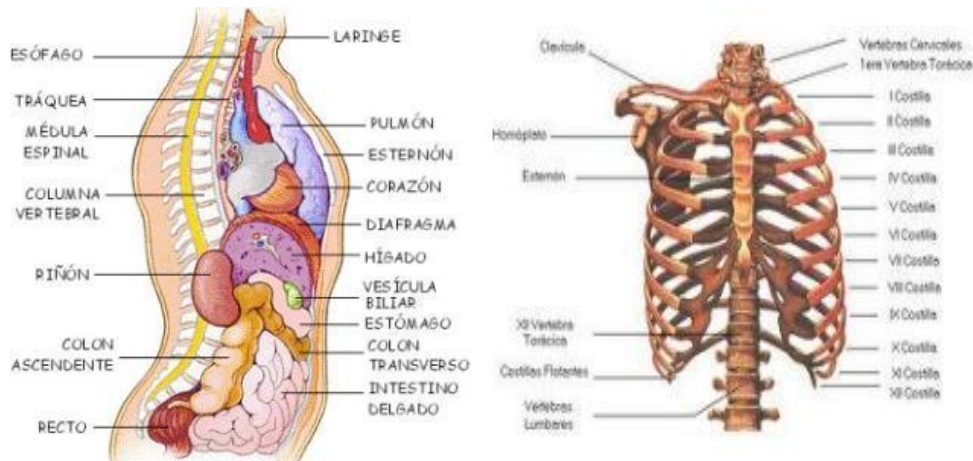


Figura 8.30 Zona toràcica, que sol ser la més afectada per trepitjades. Font: "Word Press, 2010".

Les estimacions indiquen que, el 1998, les lesions per accident de trànsit van ser la novena de les principals causes de tots els anys de vida perduts, ajustats en funció de la discapacitat, provocant el 2,8% de totes les discapacitats.

Pel 2020, es projecta que els anys de vida ajustats en funció de la discapacitat perduts per accidents de trànsit passaran de la novena a la tercera posició entre les causes principals dels

anys de vida ajustats en funció de la discapacitat perduts, essent ja la causa principal de les discapacitats per lesions (OMS, 2002).

Independentment de la tipologia d'atropellament i de la regió afectada, en ser el vianant un element molt feble front al vehicle, la probabilitat de patir lesions greus o fins i tot mortals és molt elevada, presentant a més aquesta probabilitat una forta dependència amb la velocitat d'impacte del vehicle (Chisvert, 2000).

9. LA RECONSTRUCCIÓ D'ACCIDENTS DE TRÀNSIT

9.1. Interès i necessitat de la Reconstrucció

La reconstrucció de l'accident de trànsit és el procés científic d'investigar, analitzar i treure conclusions sobre les causes i els esdeveniments durant un accident. Els reconstructors s'empren per dur a terme l'anàlisi de col·lisió en profunditat i la reconstrucció per identificar la causa i els factors que contribueixen en diferents tipus d'accidents.

Les lleis bàsiques de la física i l'enginyeria, com ara la conservació del moment lineal, i de la energia, la cinemàtica i la dinàmica són la base d'aquests anàlisis. La reconstrucció d'accidents proporciona un anàlisi rigorós d'un expert que els afectats poden presentar a judici. Els resultats de les reconstruccions d'accidents també són útils en el desenvolupament de recomanacions per a la construcció de carreteres i autopistes més segures, així com millorar els aspectes de seguretat dels dissenys dels vehicles.

L'Administració Nacional de Seguretat del Trànsit a les Carreteres dels Estats Units (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) va finançar les primeres directrius nacionals per a la formació de la normalització en el camp de la reconstrucció d'accidents de trànsit el 1985. Això va portar a la creació de la Comissió d'Acreditació de Reconstrucció d'Accidents de Trànsit (Accreditation Commission for Traffic Accident Reconstruction, ACTAR) (ACTAR, 2013). En el camp d'investigació d'accidents de motocicleta cal citar Hugh H. Hurt Jr. Les seves meticuloses reconstruccions d'accidents de motocicleta van ajudar a explicar perquè els cascs adequats reduïen les lesions al cap, determinant que la majoria dels motociclistes necessitaven més formació (Martin, 2009).

En la reconstrucció d'accidents de trànsit s'han de tenir presents molts factors que es troben en el lloc dels fets. Posteriorment, hi ha un intens treball de laboratori, d'aplicacions de conceptes mecànics, de confecció de diagrames, etc. que són els que permeten reconstruir, en la mesura del possible, com i perquè s'ha produït l'accident. Aquesta és una labor d'especialistes i és necessari tenir coneixements de resistència de materials, coeficients de fricció, nocions de dinàmica i física, etc. (López-Muniz, 2000).

A grans trets la reconstrucció d'un accident de trànsit pot entendre's com l'explicació més encertada, propera i/o probable, que mitjançant l'ús de les lleis de la física, expliqui com va

ocórrer aquell accident.

És a dir que es busca per mitjà de models físics establir com va ocórrer o com va ser el comportament dels actors involucrats, tot això dins d'un marge de possibilitats, al llarg del desenvolupament de l'accident; això és, trobar les posicions, velocitats, rapidesa, ubicacions prèvies i posteriors, àrea de percepció de risc i reacció.

Per aconseguir un major apropament a la realitat de l'accident de trànsit i reduir els rangs de valors que puguin ser obtinguts durant el procés de reconstrucció, és necessari obtenir la major quantitat possible d'informació i d'elements fidedignes en matèria de prova relacionats amb l'accident. Elements tals com fotografies dels danys, posicions, de la via, peritatges de vehicles, informes de necròpsia i de lesions no fatals, plànols i altres relacionats.

En aquest sentit, l'objectiu de la inspecció de vehicles és determinar i quantificar la magnitud dels danys soferts pels vehicles en un accident de trànsit. Busca determinar si previ, durant o posterior a l'accident de trànsit, els vehicles van sofrir alguna falla mecànica (Ruiz, 2007).

Existeix també com a element relacionat amb l'accident de trànsit el testimoniatge i declaracions tant com de protagonistes com de testimonis, que encara que puguin ser ben intencionats, són de totes maneres un efecte de caràcter subjectiu: però amb això no es diu que necessàriament hagin de ser rebutjats o exclosos del procés de reconstrucció (Irueta, 2003).

És important determinar el com i no el perquè es produeix un accident, atès que per explicar aquest últim, es requereix d'una combinació de factors en els quals intervenen també, entrelaçades amb els fets mecànics i els de l'entorn, les decisions preses pels conductors o pel vianant, si escau. En aquestes condicions, s'introdueix l'anàlisi en la determinació de valors subjectius, tals com pressuposar determinades actituds d'un o un altre dels conductors o del vianant que hagi intervingut en la col·lisió.

El comportament del sistema multi causal conductor/vehicle/via/entorn depèn de la qualitat amb la qual funcionen aquests components.

S'ha d'admetre, dins dels amplis límits d'aquesta definició, que tot vehicle en circulació conduït, naturalment, per una persona, no és un enginy mecànic que adopta decisions pel seu compte. El que circula és un sistema conductor/vehicle, que es desplaça sota el domini del seu conductor, qui mesura, jutja i decideix accions responnent als senyals externs que rep, dins dels límits de la seva natural capacitat d'avaluar dades i prendre decisions (Edutransito, 2010).

El conjunt d'habilitats que cal tenir per tal de fer una reconstrucció, requereix que el Tècnic reconstructor sigui una persona amb una àmplia i diversificada formació, així com que tingui capacitats innates que l'habilitin per exercir una tasca tan completa. En aquest sentit, de vegades no és fàcil analitzar i interpretar la informació que conté la font bàsica que s'utilitza per elaborar una reconstrucció com és l'atestat elaborat per la Força Instructora.

Tot i que els cossos policials es solen trobar constituïts per persones qualificades per fer la pressa de dades en el moment de l'accident i els atestats amb rigor, la diversificació de les seves actuacions i el grau de coneixements de física i matemàtiques que han de tenir per tal de fer un anàlisi complert de les causes que van concórrer a l'accident, no sempre els fa les persones més adients per tal de dur a terme una reconstrucció .

Així, el Tècnic reconstructor ha de ser una persona versàtil amb una formació diversificada. Hi ha dues formacions bàsiques que habiliten per a la realització de reconstruccions de trànsit com són la de llicenciat en ciències físiques o la d'enginyer mecànic.

No obstant els tècnics reconstructors d'accidents de Trànsit, a més de posseir les formacions bàsiques que proporcionen aquestes titulacions, és convenient que complementin la seva formació amb formacions en biomecànica, mobilitat, seguretat i prevenció i de tècniques informàtiques orientades a la realització de càlculs matemàtics i de representació gràfica.

Aquesta reflexió al voltant de les diferències entre els atestats dels cossos policials i les reconstruccions d'accidents, no pretén en cap moment ser una crítica als membres constituents de la Força Instructora donat que és evident que moltes de les qualitats que es requereixen per pertànyer a un cos policial ni les té, ni ha de perquè tenir-les un bon reconstructor.

La importància d'un atestat és tal, que si aquest és incomplet, la tasca del reconstructor es pot veure limitada fins al punt de condicionar la seva capacitat per fer càlculs o per reflectir d'una manera fidedigna la totalitat de les circumstàncies que van concórrer en l'accident.

En aquest sentit és necessari remarcar que els atestats elaborats per la Força Instructora esdevenen un element clau per tal que el Tècnic reconstructor pugui fer una reconstrucció bona i fidedigna de l'accident.

9.2. Informació disponible

Així doncs, per poder efectuar el procés de reconstrucció d'un accident de la forma més adient i determinar el conjunt de causes que van provocar-lo, és necessari obtenir tot un seguit de dades, per tal de determinar les causes del accident, així com un conjunt de dades inferides i/o generades al voltant dels paràmetres de rellevància de l'accident. Les dades obtingudes poden dividir-se en dos grans blocs.

9.2.1. Dades subministrades per tercers

Són les dades que li són subministrades al Tècnic Reconstructor. Bàsicament són les dades reflectides en els informes elaborats per la Força Instructora, Informes Mèdics i Forenses, Documentació Judicial, Informes Pericials, però també poden comprendre una altra sèrie de dades com els reflectits en informacions periodístiques o obtingudes de l'entrevista amb els implicats en l'accident, així com testimonis d'aquest.


Ajuntament  de Barcelona		Prefectura C/Guàrdia Urbana 3 i 5 08004 Barcelona Tel 93.291.50.92	
COMUNICAT D'ACCIDENT			Taxa: 49,44 Euro/s
Data: 21/03/07	Hora: 12:45	Patrulla: KA-408	Agents: 20790 21077
Lloc: Pg Santa Coloma 0122			Núm.: 2007S002485
Localització:			
Classe d'accident	- Atropellament		
Causa probable de l'accident(conductors)	- Manca d'atenció a la conducció		
Marques viàries	- Sols separació de carrils		
Peculiaritats de la catçada	- Seca i neta		
Circulació	- Fluida		
Il·luminació	- Solar		
Visibilitat	- Bona visibilitat		
Estat del temps	- Bon temps		
Atestat núm.			
Altres dades			
Vehicles implicats		<input type="checkbox"/>	
Ferits		<input type="checkbox"/>	
Presenciat per la patrulla actuant		<input type="checkbox"/>	
Testimonis localitzats		<input checked="" type="checkbox"/>	
Alcoholemia positiva		<input type="checkbox"/>	
Hi ha danys a elements		<input type="checkbox"/>	
Se n'han fet fotografies		<input checked="" type="checkbox"/>	
Vehicles implicats			
7936CZR	SKODA	OCTAVIA	

Figura 9.1 Imatge d'un atestat d'accident de trànsit. Font: "Guàrdia Urbana de Barcelona".

9.2.2. Dades generades (deduïdes i calculades) pel tècnic reconstructor

Són dades obtingudes pel Tècnic d'acord amb l'observació del lloc de l'accident, els vehicles implicats, empremtes, etc.

La visita al lloc del accident, l'observació dels vehicles, i les mesures efectuades, són dades molt importants a l'hora de realitzar una Reconstrucció d'un Accident.

Les dades bàsiques necessàries per tal d'elaborar un Informe de Reconstrucció, tant les recollides com les generades, seran descrites tot seguit. L'anàlisi d'aquestes dades és el que ens ha portat a la construcció de la Base de Dades en relació a les taules que l'han constituïda i dels caps que contenen. Les següents taules estan elaborades per l'autor de la tesi i es recullen en la Base de Dades.

Dades relatives a la localització de l'accident: Ens proporcionen informació sobre el lloc on es va produir l'accident.

Variables Localització	
*	
ID_LOC	
Latitud	
Longitud	
Província	
Municipi	
Comunitat	
Zona	
Tipus de via	
Nom de la via	
Punt Kilometric o N Carrer	
Pas de vianants	
N Pasos/ Passarel·les propers	
Distància pas mes proper	
Semafor	
Fase semaforica pel vianant	
Senyalitzacio vertical del pas	
Cruïlla	
Interior calçada	
Voral	
Vorera	
IDR_ACC	
UTM_X	
UTM_Y	
N HABITANTS MUN	

Dades relatives al ferm de la via: Ens proporcionen informació sobre el ferm de la via en què es va produir l'accident, així com el seu estat.

Superfície	
*	
ID_SUP	
Tipus de Ferm	
Sec	
Net	
Tipus de substancia lliscant	
Estat	
Influencia Superfície	
Influencia Estat	
Influencia Adherència	
Influencia Objectes	
IDR_LOC	

Dades relatives a les característiques de la via: Ens proporcionen informació sobre la via en què es va produir l'accident.

Característiques Via	
*	
ID_CARAVIA	
Amplada Via	
Amplada Carril	
Amplada Carril 2	
Amplada Voral Dret	
Amplada Voral Esq	
Sentit de l'Accident	
Traçat Planimetric	
Traçat Altimetric	
Carril on es produeix	
N Carril Creuats	
Distància Inf Total Recorreguda	
Distància Sup Total Recorreguda	
Entorn	
Inf Entorn	
Velocitat permesa	
IDR_LOC	

Dades temporals de l'accident: Proporcionen informació sobre les dades temporals de l'accident.

Variables Temporals	
*	
🔑	ID_TEMP
	Data
	Hora Accident
	Hora Trucada
	Hora Intervencio
	Dia de la setmana
	Festiu
	Mes
	Any
	IDR_ACC

Dades relatives a les circumstàncies climatològiques: Ens proporcionen informació sobre les circumstàncies climatològiques en el moment de l'accident.

Climatologia	
*	
🔑	ID_CLIM
	Pluja
	Intensitat Pluja
	Boira
	Intensitat Boira
	Vent
	Intensitat Vent
	Neu
	Intensitat Neu
	Influencia Pluja
	Influencia Boira
	Influencia Vent
	Influencia Neu
	IDR_ACC

Dades relatives a les condicions d'il·luminació i visibilitat: Ens proporcionen informació sobre les condicions de visibilitat i il·luminació de la via.

Visibilitat	
*	
🔑	ID_VIS
	Visibilitat Via
	INF_Perfil Tram
	Elements Apantallants
	Tipus d'Elements Apantallants
	Inf Elements Apantallants
	Inf factors meteorològics
	Visibilitat Vehicle
	Visibilitat Vianant
	Tipus de roba del vianant
	Elements Reflectants
	Enlluernament del Conductor
	Factor d'Enlluernament
	Marge d'Irrupció del Vianant
	Vianant Imobil a la via
	Lloc Previsible de creuament
	IDR_COND

Dades relatives als vehicles implicats en l'accident: Ens proporcionen informació sobre els vehicles implicats en l'accident.

VEHICLE	
*	
🔑	ID_VEH
	Tipus de vehicle
	Matricula
	Data Matriculacio
	Titular Vehicle
	ITV
	Assegurança
	Companyia Asseguradora
	Anomalies Vehicle
	Inf Anomalies
	IDR_ACC

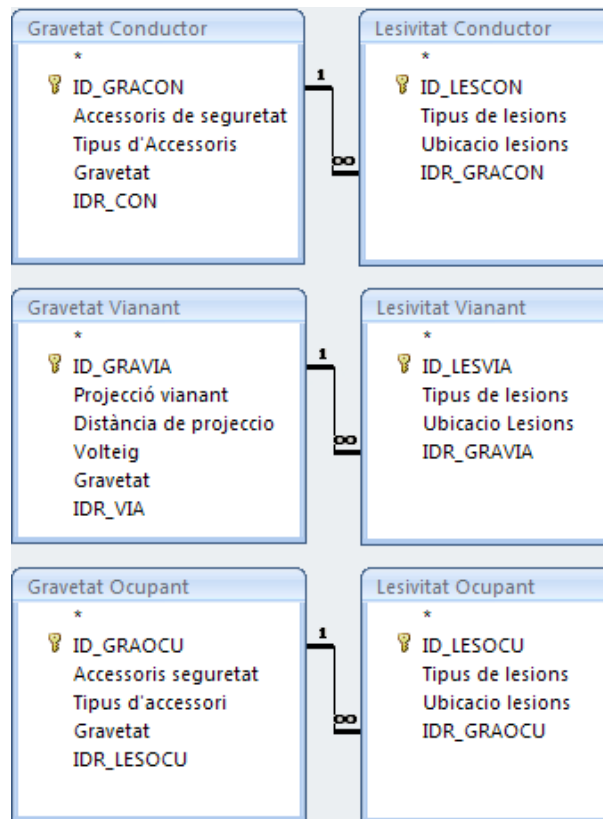
Dades relatives als danys registrats en els vehicles implicats en l'accident: Ens proporcionen informació sobre els danys soferts pels vehicles implicats en l'accident.

DANYS	
*	
🔑	ID_DANY
	Intensitat dels danys
	Area afectada
	Fondaria
	Afectacio elements estructurals
	Afectacio xapa
	Afectacio fars
	Afectacio parabrises
	Afectacio retrovisors
	Ubicacio dels danys
	IDR_VEH

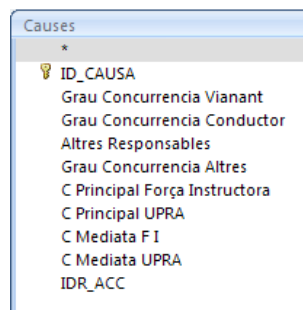
Dades relatives als implicats en l'accident: Ens proporcionen informació sobre les persones implicades en l'accident.

<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Persones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*</td> <td></td> </tr> <tr> <td>🔑</td> <td>ID_PER</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Vianants Implicats</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Vianants Mortals</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Vianants Ferits Greus</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Vianants Ferits Lleus</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Vianants Il·lesos</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Ocupants Implicats</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Ocupants Mortals</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Ocupants Ferits Greus</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Ocupants Ferits Lleus</td> </tr> <tr> <td></td> <td>N Ocupants Il·lesos</td> </tr> <tr> <td></td> <td>IDR_ACC</td> </tr> </tbody> </table>	Persones		*		🔑	ID_PER		N Vianants Implicats		N Vianants Mortals		N Vianants Ferits Greus		N Vianants Ferits Lleus		N Vianants Il·lesos		N Ocupants Implicats		N Ocupants Mortals		N Ocupants Ferits Greus		N Ocupants Ferits Lleus		N Ocupants Il·lesos		IDR_ACC	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONDUCTOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*</td> <td></td> </tr> <tr> <td>🔑</td> <td>ID_CON</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DNI</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nom</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Data Naixement</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Edat</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sexe</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nacionalitat</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Provincia residencia</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Municipi residencia</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Hores de conduccio continua</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Acció prèvia conductor</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Factor atencio conductor</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Inf Conductor</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tipus d'Infraccio</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Inf Velocitat</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Alcholemia</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Drogues</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tipus de toxic</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Permis de conduir</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Antiguitat permis</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Punts carnet</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Motiu desplaçament</td> </tr> <tr> <td></td> <td>IDR_VEHICLE</td> </tr> </tbody> </table>	CONDUCTOR		*		🔑	ID_CON		DNI		Nom		Data Naixement		Edat		Sexe		Nacionalitat		Provincia residencia		Municipi residencia		Hores de conduccio continua		Acció prèvia conductor		Factor atencio conductor		Inf Conductor		Tipus d'Infraccio		Inf Velocitat		Alcholemia		Drogues		Tipus de toxic		Permis de conduir		Antiguitat permis		Punts carnet		Motiu desplaçament		IDR_VEHICLE	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VIANANT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*</td> <td></td> </tr> <tr> <td>🔑</td> <td>ID_VIA</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DNI</td> </tr> <tr> <td></td> <td>NOM</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Edat</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sexe</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nacionalitat</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Provincia de residència</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Municipi de residència</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Alcholemia/Drogues vianant</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Motiu del desplaçament</td> </tr> <tr> <td></td> <td>IDR_ACC</td> </tr> </tbody> </table>	VIANANT		*		🔑	ID_VIA		DNI		NOM		Edat		Sexe		Nacionalitat		Provincia de residència		Municipi de residència		Alcholemia/Drogues vianant		Motiu del desplaçament		IDR_ACC
Persones																																																																																																										
*																																																																																																										
🔑	ID_PER																																																																																																									
	N Vianants Implicats																																																																																																									
	N Vianants Mortals																																																																																																									
	N Vianants Ferits Greus																																																																																																									
	N Vianants Ferits Lleus																																																																																																									
	N Vianants Il·lesos																																																																																																									
	N Ocupants Implicats																																																																																																									
	N Ocupants Mortals																																																																																																									
	N Ocupants Ferits Greus																																																																																																									
	N Ocupants Ferits Lleus																																																																																																									
	N Ocupants Il·lesos																																																																																																									
	IDR_ACC																																																																																																									
CONDUCTOR																																																																																																										
*																																																																																																										
🔑	ID_CON																																																																																																									
	DNI																																																																																																									
	Nom																																																																																																									
	Data Naixement																																																																																																									
	Edat																																																																																																									
	Sexe																																																																																																									
	Nacionalitat																																																																																																									
	Provincia residencia																																																																																																									
	Municipi residencia																																																																																																									
	Hores de conduccio continua																																																																																																									
	Acció prèvia conductor																																																																																																									
	Factor atencio conductor																																																																																																									
	Inf Conductor																																																																																																									
	Tipus d'Infraccio																																																																																																									
	Inf Velocitat																																																																																																									
	Alcholemia																																																																																																									
	Drogues																																																																																																									
	Tipus de toxic																																																																																																									
	Permis de conduir																																																																																																									
	Antiguitat permis																																																																																																									
	Punts carnet																																																																																																									
	Motiu desplaçament																																																																																																									
	IDR_VEHICLE																																																																																																									
VIANANT																																																																																																										
*																																																																																																										
🔑	ID_VIA																																																																																																									
	DNI																																																																																																									
	NOM																																																																																																									
	Edat																																																																																																									
	Sexe																																																																																																									
	Nacionalitat																																																																																																									
	Provincia de residència																																																																																																									
	Municipi de residència																																																																																																									
	Alcholemia/Drogues vianant																																																																																																									
	Motiu del desplaçament																																																																																																									
	IDR_ACC																																																																																																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">OCUPANTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*</td> <td></td> </tr> <tr> <td>🔑</td> <td>ID_OCU</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DNI</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nom</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Edat</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sexe</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nacionalitat</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Provincia de Residencia</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Municipi de Residencia</td> </tr> <tr> <td></td> <td>IDR_VEHICLE</td> </tr> </tbody> </table>	OCUPANTS		*		🔑	ID_OCU		DNI		Nom		Edat		Sexe		Nacionalitat		Provincia de Residencia		Municipi de Residencia		IDR_VEHICLE																																																																																		
OCUPANTS																																																																																																										
*																																																																																																										
🔑	ID_OCU																																																																																																									
	DNI																																																																																																									
	Nom																																																																																																									
	Edat																																																																																																									
	Sexe																																																																																																									
	Nacionalitat																																																																																																									
	Provincia de Residencia																																																																																																									
	Municipi de Residencia																																																																																																									
	IDR_VEHICLE																																																																																																									

Dades relatives a les lesivitats derivades de l'accident: Ens proporcionen informació sobre les lesions sofertes per les persones implicades en l'accident, així com la intensitat de les mateixes.



Dades relatives a les causes de l'accident: Ens proporcionen informació sobre les causes que van poder concórrer en l'accident.



Dades relatives a l'evitabilitat de l'accident: Ens proporcionen informació sobre si l'accident era evitable per part dels implicats i de quines haguessin estat les circumstàncies que ho haguessin fet evitable.

Evitabilitat	
*	
ID_EVIT	*
Evitable	
Temp Inf Gener Sit Risc	
Temps Sup Gener Sit Risc	
Vehicles en sentit contrari	
Temps reaccio conductor	
Temps frenada a Velocitat Vehicle	
Temps frenada a Vel Max	
Temps evitabilitat a Vel Veh	
Temps evitabilitat a Vel Max	
Evitable a V vehicle	
Evitable a V max	
Velocitat Max d'evitabilitat	
IDR_COND	

Dades relatives a la(es) maniobra(es) efectuada: Ens proporcionen informació sobre si els conductors dels vehicles han efectuat maniobra evasiva i les característiques d'aquesta.

Característiques Maniobra	
*	
ID_MAN	*
Frenada	
Distancia Frenada	
Coefficient Inf Adherencia Cons	
Coefficient Sup Adherencia Cons	
Desplaçament lateral	
Sentit desplaçament lateral	
Velocitat Circulació Vehicle	
Velocitat Impacte vehicle	
Distancia Post-colisio del vehicle	
Variacio Angle del Vehicle	
IDR_COND	

9.3. Mètodes d'anàlisi

La investigació d'accidents és una tasca intel·lectual que contempla gran varietat d'informes: des de l'anàlisi bàsic i específic de determinació de responsabilitats, causes o estudi de velocitats fins a informes de reconstrucció d'accidents, biomecànics, etc.

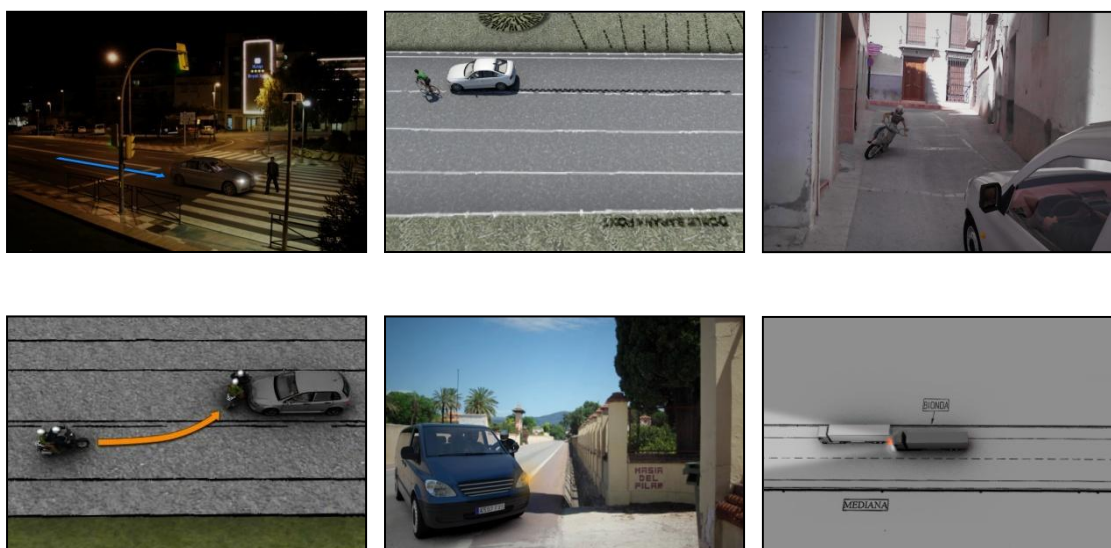


Figura 9.3 Simulacions de diferents tipus d'accident. Font: Elaboració pròpia.

L'informe de reconstrucció d'accident és un document científic que analitza la totalitat de l'accident o es focalitza en elements concrets, com poden ser: la via, els vehicles, la velocitat, la visibilitat, les causes, l'evitabilitat, els elements de protecció, etc.

Cal que els accidents siguin investigats des d'una perspectiva tècnica, ja que generalment hi ha diversos factors que els produeixen. L'anàlisi de la causalitat hauria de ser doncs necessàriament multi factorial. Tenint en compte les imprecisions en les estimacions de velocitat, sovint sembla probable que hi ha variables que són potencialment de gran abast en termes de influir en les estimacions per a dur a terme les reconstruccions d'un accident de trànsit (Loftus, 1974).

La tasca de reconstrucció requereix d'una anàlisi múltiple com ara, l'anàlisi de les característiques dels vehicles i dels seus danys, les lesions dels implicats, l'anàlisi de petjades i vestigis i el posterior tractament numèric de la informació per tal de determinar el valor de les variables representatives del accident.

En els desplaçaments de trànsit rodat, les persones, ens cal un vehicle que proporcioni a través de la utilització de la pròpia energia humana o, en la gran majoria dels casos, mitjançant l'energia dels combustibles fòssils i més recentment mitjançant energia elèctrica, el desplaçament de les persones ocupants del vehicle.

El trànsit rodat precisa del fregament dels pneumàtics amb el ferm de la via per poder produir el desplaçament i per provocar la maniobrabilitat i canvis de direcció del vehicle. Per la qual cosa la via serà un altre element fonamental del trànsit rodat.

Diverses poden ser les causes d'un accident, presentant totes elles una importància cabdal, podent actuar totes individualment o d'una forma conjunta, per la qual cosa seran els elements fonamentals a estudiar en les tasques de reconstrucció. Tot i que existeixen nombrosos factors d'anàlisi, podem determinar tres factors que són fonamentals en un estudi de reconstrucció, els quals son: la tipologia de col·lisió i les trajectòries dels vehicles, les velocitats dels vehicles, les condicions de visibilitat dels implicats i l'evitabilitat de l'accident.

A l'anàlisi de les trajectòries dels vehicles l'element fonamental serà l'anàlisi del croquis i/o informació de posicions reflectides en l'atestat de la Força Instructora, elements fonamentals d'aquest anàlisi seran el punt de col·lisió, les posicions finals dels vehicles, així com la presència de restes o vestigis. A l'anàlisi de la tipologia de la col·lisió a més d'aquests factors serà així mateix important avaluar els danys patits pels vehicles.

La informació reflectida en el croquis, així com les acotacions presents a l'atestat seran una eina fonamental o l'hora de determinar la dinàmica i tipologia del accident.

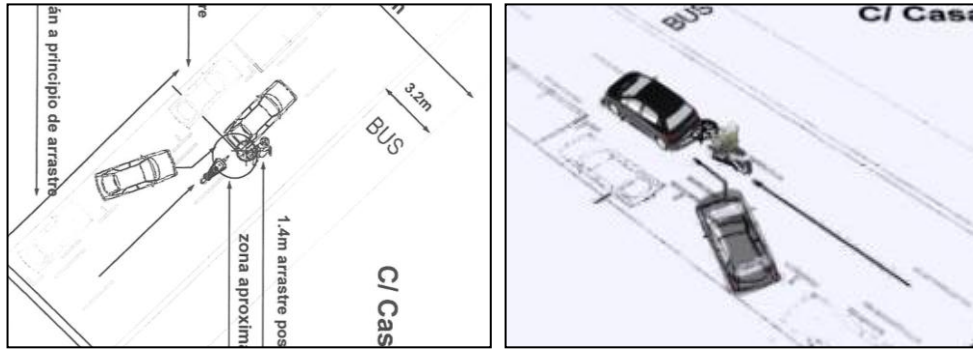


Figura 9.4 Croquis elaborats per la Força Instructora i cinemàtica sobre ell. Font: Atestat Policial i Elaboració pròpia.

Per tal de fer l'anàlisi de les velocitats dels vehicles, seran necessàries informacions tals com els danys dels vehicles, la tipologia del contacte, les seves trajectòries post col·lisió, les possibles projeccions patides pels implicats, etc. Tots aquests factors i d'altres poden portar a un anàlisi qualitatiu de la velocitat dels vehicles.

Així mateix es pot fer un tractament d'aquests elements de cara a obtenir un resultat numèric de la velocitat dels vehicles implicats.

Existeixen tres metodologies d'anàlisi que poden ser emprades de forma individual o en combinació depenent de les característiques de l'accident objecte de l'estudi.

Tir parabòlic:

En base a la projecció soferta pel vianant o per un usuari d'un vehicle de dos rodes, després de produir-se la col·lisió, és possible fer una valoració de la velocitat d'impacte del turisme en el moment del contacte sobre les formulacions d'un càlcul de tir parabòlic. Aplicant la metodologia del Mètode de Searle extraiem la següent fórmula:

$$v = \sqrt{(2 \cdot \mu \cdot g \cdot (x - \mu \cdot H)) / (1 + \mu^2)} \cdot \Omega \quad (9.1)$$

- v = Velocitat d'impacte del vehicle.
- x = Distància de projecció del vianant en metres.
- μ = Coeficient de fricció. S'ha d'utilitzar el que existia en el moment d'ocórrer l'accident entre el vianant projectat i la superfície del paviment en la qual rebota i llisca.
- H = Diferència d'altura del vianant respecte el vehicle.
- Ω = Factor de correcció del 20% aproximadament sobre la velocitat de projecció.

Anàlisi de les trajectòries post col·lisió:

Excepte al cas de xocs amb molt fortes deformacions patides pels vehicles, el mecanisme

bàsic d'anàlisi en la metodologia d'avaluació de la velocitat dels vehicles, se centrarà en les dissipacions energètiques associades a les trajectòries dels vehicles en dinàmiques de frenada, arrossegament, etc.

Per tant, la formulació bàsica emprada serà la següent:

$$v_i = \sqrt{(v_f^2 + 2 \cdot \mu \cdot g \cdot x)} \quad (9.2)$$

Aquesta fórmula apareix a partir de la igualació de l'energia cinètica inicial del vehicle, amb el treball de dissipació d'energia per fregament en la trajectòria portada, i l'energia cinètica residual del vehicle després d'aquest desplaçament, permet calcular la velocitat inicial o de circulació del vehicle implicat.

Anàlisi de les deformacions dels vehicles:

A partir de les deformacions sofertes pels vehicles és factible elaborar un càlcul matemàtic de la velocitat relativa entre vehicles en el moment de l'accident. D'acord amb la intensitat de les deformacions sofertes es pot determinar l'EES (Energy Equivalent Speed. Energia cinètica de la velocitat equivalent a les deformacions produïdes en l'impacte) dels vehicle en el moment del contacte.

Hi ha diferents sistemes de quantificació del grau de deformació de les carrosseries dels cotxes en cas d'accident i d'anàlisi de les força en les diferents parts de l'habitacle.

L'estimació més precisa de l'energia absorbida s'obté a partir d'una estimació més exacta de la velocitat. Aquest mètode es basa en la conservació de l'energia. Examina la igualtat de la suma dels diferents tipus d'energies (cinètica, de deformacions, calorífica, etc.) abans i després del xoc:

$$E_{cinètica} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (9.3)$$

$$E_{rotacional} = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2 \quad (9.4)$$

$$E_{deformacions} = \frac{1}{2} m \cdot EES^2 \quad (9.5)$$

On:

- m = massa del vehicle.
- v = velocitat del vehicle.
- I = moment d'inèrcia.
- ω = velocitat angular.
- EES = *Energy Equivalent Speed*.

De manera que la llei de conservació de l'energia per al xoc és la següent:

$$E_{c_1} + E_{r_1} + E_{c_2} + E_{r_2} = E'_{c_1} + E'_{c_2} + E'_{r_1} + E'_{r_2} + E_{def_1} + E_{def_2} + E_H \quad (9.5)$$

A partir d'aquesta equació general de la velocitat, es pot estimar la velocitat del vehicle abans del xoc abans. Per descomptat, en casos especials (per exemple, xocar contra una paret rígida), l'equació es simplifica, de manera que el procés d'estimació es fa més simple, també (Harmati, 2007).

Els models de deformació es concentren generalment en l'energia absorbida per la deformació de la part frontal del vehicle. El mètode més simple és comparar la carrosseria del vehicle danyat estant sota examen amb un altre tipus similar de cotxes danyats en condicions conegudes. Per a aquest enfocament, la informació requerida sobre el cotxe danyat en un context conegut seran les dades detallades dels cotxes, les fotos, els paràmetres geomètrics, les circumstàncies i els ambients de l'accident.

Hi ha diversos mètodes per deduir l'energia de deformació absorbida en un accident. La metodologia es basa en el principi de conservació de l'energia, i consisteix en quantificar la igualtat de la suma dels diferents tipus d'energies (cinètica, deformació, calor, etc.) abans i després de l'accident (Luque, 2003).

El primer model d'ús de xarxa d'energia està relacionada amb K. Campbell (1974). Es basava en la suposició que l'energia de deformació absorbida es distribuïa uniformement en tota l'amplada i l'alçada del vehicle. A més, la suposició era que en virtut de velocitat baixa (4-5 km/h), el vehicle és capaç de tolerar l'impacte sense deformació, i per sobre d'aquest límit de la deformació és gairebé lineal.

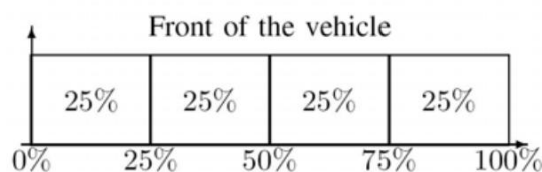


Figura 9.5 Model de Campbell. Font "Identification of Energy Distribution for Crash Deformational Processes of Road Vehicles".

El següent model, el model de Röhlich, és una evolució del model de Campbell. El model no assumeix distribució uniforme sobre l'energia de deformació al llarg de l'amplada del vehicle, però sí davant d'un model matemàtic basat en els resultats d'un crash-test. Aquest mètode produeix estimacions més precises, per exemple, per a la velocitat del vehicle abans de l'accident.

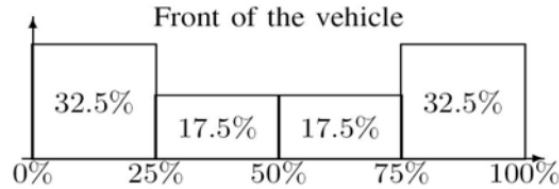


Figura 9.6 Model de Röhlich. Font “Identification of Energy Distribution for Crash Deformational Processes of Road Vehicles”.

Posteriorment, trobem el model de Schaper, un mètode que es basa en la suposició que genèricament els vehicles que satisfan estàndards de seguretat NCAP o FMVSS tenen similars característiques de deformació. El mètode permet establir una distribució de les deformacions per a dur a terme un càlcul de l'energia absorbida per àrees.

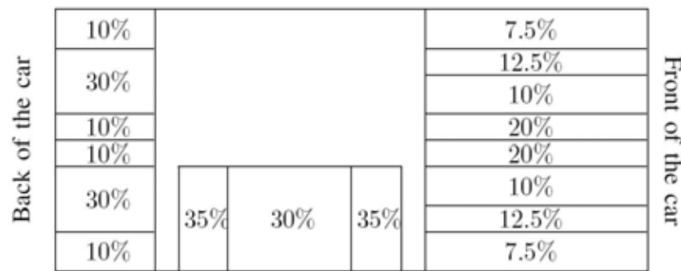


Figura 9.7 Model de Schaper. Font “Identification of Energy Distribution for Crash Deformational Processes of Road Vehicles”.

L'absorció d'energia en un impacte no és un valor constant, ja que va variant conforme avança el procés de deformació. El que sí és cert és que conforme es deforma el vehicle, aquest tendeix a una saturació progressiva (a deformar-se cada cop menys) i, per tant, tendeix a absorbir cada cop menys energia de deformació.

Aquesta propietat de l'absorció d'energia porta a fórmules no monòtones d'augment de la funció, enlloc d'un valor constant.

Si considerem la situació inicial en la que es produeix un impacte, els materials que reben el contacte absorbeixen l'energia fins que arriben al seu estat de saturació (a), a partir del qual cada vegada absorbeixen menys energia, fins arribar a una valor de saturació total (b) en el qual ja no s'absorbeix més energia.

$$f(x) = \left\{ \frac{1-b-x}{b-a} \right\} \begin{matrix} x < a \\ a \leq x \leq b \\ x > b \end{matrix} \quad (9.6)$$

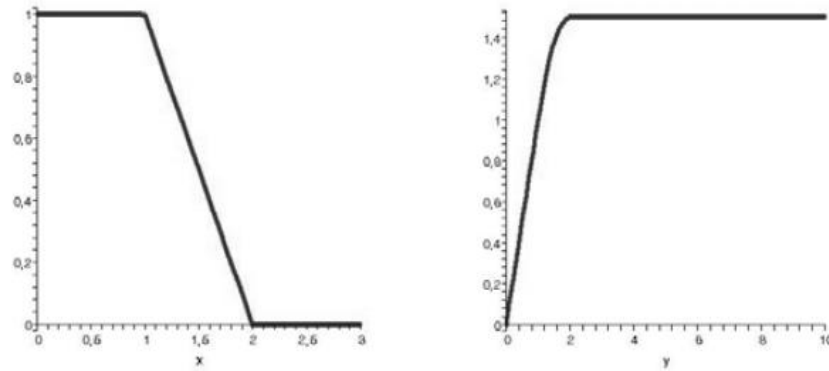


Figura 9.8 Funció d'absorció d'energia i l'energia absorbida. Font "Identification of Energy Distribution for Crash Deformational Processes of Road Vehicles".

L'objectiu de la inspecció de vehicles és doncs determinar i quantificar la magnitud dels danys soferts pels vehicles en un fet o accident de trànsit. Buscar i determinar si prèviament, durant o posterior a l'accident de trànsit, els vehicles van sofrir alguna falla mecànica.

És molt important que un mètode de reconstrucció proporcioni resultats realistes quan s'utilitza per a una reconstrucció d'accidents. L'exactitud dels resultats depèn de diversos paràmetres, com l'anàlisi de l'accident (nivell de coneixement, experiència), les dades disponibles sobre accidents (integritat i qualitat) i la precisió del mètode de reconstrucció (Tomasch, 2003).

En ser el vehicle l'indici, s'ha de respectar la cadena de custòdia, per tant, en els casos on se sospita o bé quan les part al·leguen alguna falla mecànica, el vehicle ha de romandre en custòdia de l'autoritat judicial, en un lloc on cap persona no autoritzada tingui accés al vehicle. En casos molt complexos, on el vehicle en ser mobilitzat, pugui sofrir alteracions, per exemple quan el vehicle es bolca, cau a un precipici, etc., la inspecció ha de ser realitzada en el lloc del succés, pel pèrit expert.

Mai els vehicles, en delictes com a homicidis o lesions, han de ser lliurats a les parts involucrades. Els vehicles han de ser inspeccionats el més aviat possible després de l'accident de trànsit, amb la finalitat de preservar l'indici. La inspecció del vehicle comporta definir el tipus de corriment i enfonsament que es presenta (Ruiz, 2007).

Anàlisi de la lluminositat de la via

En referència a les condicions de visibilitat els tècnics hauran d'avaluar, per una banda, les condicions de lluminositat en el moment de l'accident, fent servir fins i tot luxímetres si calgués, per tal de determinar el grau d'il·luminació de la via. Així com tenir present el tipus d'il·luminació emprades pel vehicle i la seva capacitat d'il·luminar.

Per altra banda, s'hauran de tenir en consideració les característiques de la via en termes del seu perfil i de la possible presència d'elements apantallants al seu interior o als seus marges, de cara a determinar la distància de percepció de la situació de risc de la qual disposaven els

implicats. Així mateix s'hauran de considerar les limitacions de visibilitat que pot presentar el propi vehicle o altres vehicles usuaris de la via en el moment de l'accident.

És important destacar que a les reconstruccions d'accidents, s'avaluen les velocitats d'impacte, el punt de col·lisió, les trajectòries dels vianants i dels vehicles, així com les posicions final, però les condicions de visibilitat en el moment del accident són un factor clau a l'hora d'interpretar la possible dinàmica de l'accident (Rosén, 2009).

Posició relativa entre vehicles o implicats

Un altre factor a tenir en consideració en termes de visibilitat, especialment en el cas dels atropellaments, és el de la posició relativa entre els implicats en l'accident, ja que és un factor clau a l'hora d'avaluar la visibilitat mútua de la qual disposaven al moment de l'accident (Pérez, 2003).

En termes de l'anàlisi de l'evitabilitat dels accidents, els factors fonamentals per tal de fer l'anàlisi seran la velocitat dels implicats per una banda i les característiques personals (fonamentalment l'edat dels conductors en el cas dels vehicles i del vianant accidentat en el cas dels atropellaments).

La dinàmica de càlcul es farà en base a una estimació del temps de generació de la situació de risc, que vindrà determinat per la distància recorreguda des de que es genera la situació de risc per una banda. I per altra, pel temps transcorregut des que es genera la situació de risc, que vindrà determinat per les taules de velocitats de vianants en funció de l'edat en el cas dels atropellaments i en l'aplicació de les equacions de la cinemàtica.

D'altra banda s'avaluarà el temps necessari per que el conductor pugues evitar l'accident, que serà la suma dels 3 temps següents:

1ª Fase. Percepció, interpretació del perill i presa de decisió. Ve donat per:

- Temps de percepció.
- Temps de decisió.
- Temps d'actuació.

Aquests tres intervals venen donats per la taula de temps de reacció, que depèn de l'edat i del període de conducció (taula del Institut Català de Seguretat Viària).

2ª Fase. Resposta mecànica: es tracta del temps que necessita el sistema mecànic del vehicle per a bloquejar les rodes. S'estima normalment de l'ordre de 0,25 segons.

3ª Fase. Temps de frenada o de materialització de la maniobra evasiva d'esquiva: es tracta del temps que hagués precisat el conductor del vehicle per tal de dur a terme una maniobra evasiva, i que serà fortament dependent de la velocitat de circulació.

9.4. Eines Principals

Un accident de trànsit es desencadena per un conjunt de circumstàncies molt variades que convergeixen en un succés de responsabilitat comunament compartida. Així, una reconstrucció d'accident de trànsit és una eina de gran valor ja que pot ajudar a analitzar amb rigor el sinistre, establir la dinàmica que es va produir i prendre les decisions més ajustades en referència al grau de responsabilitat dels implicats en el sinistre.

El procés de reconstrucció es un procés que requereix de capacitats abstractes, de desenvolupaments científics i de representació espacial.

Així mateix donada la finalitat de les reconstruccions i les característiques formatives dels seus receptors (jutges i advocats), els quals tot i ser col·lectius amb un grau de formació elevat, no necessàriament aquesta formació els ha portat a adquirir habilitats relacionades amb el pensament abstracte, amb els desenvolupaments matemàtics o amb les representacions espacials de les situacions (CESVIMAP, 2006).

Aquest factor requereix doncs de la utilització de unes eines en la tasca de reconstrucció que permetin per una banda arribar al màxim nivell d'anàlisi i conclusions, però que al mateix temps generen resultats concrets i intuïtius, per tal de que les múltiples i complexes circumstàncies que poden concórrer a un accident, siguin presentades d'una forma clara i pedagògica per als destinataris finals del producte.

Les eines emprades en les tasques de reconstrucció han de permetre que conceptes i desenvolupaments a priori no trivials, donen lloc a conclusions concretes, i explícites que pugin ser explicades de forma pedagògica en l'acte del judici.

Cal destacar que el procés de reconstrucció es recolza fermament en la mecànica de Newton per així poder plantejar el "model físic de l'accident" amb el qual s'intenta descriure analíticament com va ocórrer el fet realitzant una sèrie de supòsits dins del marge lògic. Aquest model físic estarà més proper a la realitat, de manera proporcional a la quantitat d'evidència fefaent que es disposi (Jhoanna, 2009).

Així doncs les eines principals emprades per tal de fer un informe de reconstrucció d'accident, que determini tots els paràmetres d'interès i que tingui capacitat per determinar les causes que van concórrer en l'accident són:

9.4.1. La Física

L'estudi d'un accident de trànsit, implica l'anàlisi de diferents paràmetres físics com ara la velocitat dels vehicles, l'acceleració, les Forces Implicades (Força de fregament, Força Centrífuga...), determinació de distàncies, temps, etc.

La determinació de paràmetres com ara l'acció de la Força Centrífuga que actua en un tram corbat, és bàsica a l'hora de determinar les causes d'un accident.

La determinació de tots aquests paràmetres, a més de ser interessants per si mateixa a l'hora de determinar les causes que van concórrer a un accident, són també paràmetres fonamentals a l'hora de determinar altres paràmetres derivats de molta importància a l'hora de fer una reconstrucció com ara la visibilitat, l'evitabilitat, etc.

Així doncs, podem concloure que l'estudi dels accidents de trànsit, entesos com a col·lisions o desestabilització de vehicles o persones que descriuen trajectòries espacials i temporals, a una determinada velocitat, es troben regits per les lleis de la Física.

9.4.2. Els programes informàtics

Les nombroses varietats i matisos que poden presentar els accidents de trànsit impliquen que la forma més adient de abordar-los sigui un per un i no mitjançant un programa estàndard. Tot i això per la seva resolució matemàtica cal emprar eines informàtiques des de la més trivial com són els fulls de càlcul, fins a eines més desenvolupades com programes matemàtics més desenvolupats.

Alguns programes informàtics matemàtics permeten a l'investigador desenvolupar presentacions de bona qualitat dels càlculs matemàtics que mostren els supòsits per a cada pas de la investigació, incloent tots els passos individuals que després donen lloc a una conclusió final (Van Kirk, 2001).

Així mateix, els tècnics reconstructors poden desenvolupar aplicacions informàtiques pròpies, en diferents llenguatges que poden dur a un cert nivell d'automatització del procés de reconstrucció de l'accident (Chisvert, 2000).

D'altra banda, existeixen un seguit de programes informàtics comercials que poden ser emprats en les tasques de Reconstrucció, i que aparquin des de la determinació de velocitats i distàncies, fins a l'energia dissipada i transferida en les col·lisions o l'anàlisi dels danys dels vehicles.

L'impactant de les imatges, la facilitat de visualitzar els moviments de les persones i els vehicles abans, durant i després de la col·lisió, la geometria dels vehicles, les condicions del lloc de l'accident, etc. són alguns dels paràmetres que representen aquest tipus de programes de reconstrucció d'accidents.

El programa de reconstrucció ofereix números, gràfiques i el model físic que ho suporta. En aquestes eines es pot proporcionar el coeficient de fregament a utilitzar, la ubicació de les marques de frenada, la posició dels vehicles just abans de l'accident, i com es va produir aquest, si bé, per tal que el resultat sigui satisfactori és necessària la dedicació de força temps per part del tècnic.

Cal destacar que l'objectiu principal dels programes informàtics de reconstrucció d'accidents és "acolorir" l'accident de trànsit amb les tonalitats que l'usuari triï, per tal que l'accident sigui més comprensible i visualment aclaridor.

Entre els programes informàtics coneguts i existents al mercat, podem citar i realitzar una breu ressenya de les seves característiques. Destaquen els següents:

Sinrat. Sistema Informàtic de Reconstrucció d'Accidents de trànsit, desenvolupat pel Institut Universitari de Recerca de l'Automòbil INSIA, de la Universitat Politècnica de Madrid i finançat per la DGT. És un programa d'ordinador que constitueix una potent eina de càlcul aplicable a la recerca, reconstrucció i anàlisi dels danys produïts en els accidents.

Durant les simulacions té en compte el comportament del motor, caixa de canvis i sistema de frens. Compta amb una àmplia base de dades de vehicles, considerant a cadascun d'ells com un cos tridimensional. La rigidesa i absorció d'energia per deformacions de les carrosseries les considera en el moment que es produeix la col·lisió. Incorpora un sistema de seguiment de trajectòria que calcula la maniobra de volant necessària perquè el vehicle descriu una trajectòria prefixada. Permet introduir el perfil real de la carretera, quant als peralts, rampes, corbes, etc.

Si bé presenta algunes limitacions, com per exemple que només es reconstrueixen accidents on es troben involucrats dos vehicles, que no es contempla la possibilitat de fregaments de xapa sobre carretera, ni col·lisions amb arbres, proteccions o obstacles que no siguin vehicles en marxa o aturats.

Reconstructor 98. Desenvolupat per CESVIMAP conjuntament amb el CIDAUT, que realitza de forma automàtica els càlculs de velocitats i es pot visualitzar el desenvolupament de l'accident en dues dimensions.

Compta amb un mòdul de càlcul que es basa en un element senzill de vehicles, considerats bé com a masses puntuals, bé com a sòlids 2D, als quals s'aplica les equacions de conservació de la quantitat de moviment, que poden ser completades amb equacions de conservació de l'energia segons proposa Campbell.

PC-CRASH. És un programa de reconstrucció d'accidents resultat d'una cooperació de diversos anys entre els enginyers i informàtics de la Universitat Tècnica de Graz. L'autor principal del programa és el Dr. Hermann Steffan.

En general el programa permet la reconstrucció del desenvolupament de l'accident des del moment crític, passant per la situació anterior i posterior al xoc, fins a la posició final dels cotxes. Gràcies a la integració total dels diferents mòduls, la base de dades de vehicles, els models de simulació pel càlcul del moviment dels cotxes, els models de xoc i l'animació tridimensional, el programa és un còmode mitjà d'ajuda per a la reconstrucció d'accidents de trànsit (Nicolás, 2001).

Un avantatge essencial és el còmode interfície, que permet una fàcil comunicació amb el programa i possibilita gairebé immediatament la interpretació dels resultats dels càlculs, ja que aquest transforma contínuament els càlculs numèrics en gràfics el que permet el seguiment directe del moviment del vehicle en la pantalla. Els resultats de la simulació es

poden representar en forma de protocols, diagrames, dibuixos i imatges tridimensionals. A més permet realitzar una animació tridimensional de la reconstrucció de l'accident des de qualsevol punt de vista.



Figura 9.9 Exemple de programa que permet l'anàlisi controlat del accidents de trànsit per part del Tècnic i programa comercialitzat per a la Reconstrucció d'accidents de trànsit.

ARAS 360. Proporciona eines analítiques avançades tals com a modelatge del Moment en 3D i el processament de l'equació de reconstrucció avançada –amb tots els processos integrats– i poder així construir un informe comú.

Amb una interfície fàcil d'utilitzar ARAS 360 permet dibuixar totes les formes de dibuix, models Smart i col·locar models 3D amb precisió mentre es troba en tres dimensions. A diferència d'altres aplicacions que requereixen que els usuaris realitzin el seu croquis en 2D i, a continuació, revisar en un Visor 3D. Amb un seguit d'eines de treball intuïtives, és una eina força emprada pels perits d'avui dia per a dibuixar, col·locar, editar, animar, simular i analitzar diferents tipologies d'accidents de trànsit

Així mateix, l'anàlisi mitjançant aplicacions informàtiques dels accidents, no solament permet determinar les dinàmiques dels accidents i efectuar l'anàlisi de les deformacions dels vehicles sinó que fins i tot en ocasions que calgui, l'anàlisi mitjançant la metodologia del elements finits permetrà fer un estudi exhaustiu de les lesions patides pels implicats.

Cal destacar però, que un programa d'ordinador mai pot ser la solució absoluta, únicament pretén ser una eina de recolzament, ja que el resultat a aconseguir dependrà de la qualitat i quantitat de les dades disponibles. Sovint, les majors prestacions del programa (ampliació de la casuística per la qual és útil), es correspon una major complexitat del mateix i particular preparació del seu operador.

Les particulars limitacions dels programes, pel que fa a la casuística dels accidents, en algunes ocasions els converteixen en complementaris uns d'uns altres. De manera que no és aconsellable la utilització de programes informàtics de reconstrucció d'accidents sense tenir bons coneixements dels fonaments físics, conèixer les simplificacions i restriccions del programa informàtic i el seu "full de càlcul", així com posseir experiència en la recerca d'accidents.

Alguns models de reconstrucció d'accidents no acaben de satisfer les necessitats en el camp

d'estudi i peritatge dels accidents de trànsit, ja que poden resultar molt senzills i simplificats. De manera que s'han i s'estan desenvolupant estudis teòrics i programes informàtics de simulació i reconstrucció d'accidents (Lozano, 1996).

9.4.3. Eines gràfiques

El visual és el nostre canal principal de recollida d'informació de l'exterior, i els esquemes, imatges i seqüències són eines molt potents de cara a l'explicació, identificació i comprensió d'objectes i situacions.

La utilització d'agents passius per a la simulació i l'avaluació d'accidents amb danys personals és una tecnologia comunament associada al disseny i homologació de vehicles de transport. Aquests agents reben el nom de "dummies". Existeix una marcada tendència a substituir aquests costosos ninots articulats i monitorats per sensors, amb caràcters generats per computador en un context virtual d'avaluació.

D'aquesta forma es pot integrar l'assaig amb la informació dels dissenys CAD de l'habitacle o del vehicle i, amb els sistemes d'anàlisi per elements finits, que es poden extrapolar a models simplificats de l'anatomia humana (Verhoeve, 2001). Hem de remarcar que aquestes tècniques permeten la simulació de contingències en les quals el "actor virtual" roman passiu i es limita a absorbir l'impacte de la sol·licitació estudiada en cada tipus d'assaig.

El moviment es genera mitjançant diversos algorismes de cinemàtica d'esquelets articulats combinats amb l'avaluació de les col·lisions dins de l'entorn de l'assaig del vehicle (Murray, 2004).

L'animació realista de personatges compostos per malles tridimensionals no rígides mitjançant esquelets articulats amb detecció de col·lisions i que s'adaptin a variables físiques, com les sol·licitacions de l'experiment, la força de la gravetat o el fregament, és un problema de càlcul complex. La simplificació més habitual passa per limitar els moviments del "dummy" virtual fent que es comporti com un element inanimat i relativament mal·leable (López, 2009).

La potència d'una imatge estàtica davant la descripció textual d'un objecte comú a tots nosaltres, és molt elevada. Aquest potencial esdevé gairebé indispensable si es considera la potència de les imatges, els esquemes i les seqüències animades d'imatges poden donar a la descripció i explicació dels fenòmens complexos que poden presentar-se en un accident de trànsit, on juguem amb nombrosos objectes (vehicles, persones, elements viaris), amb la interacció entre ells (col·lisions i maniobres evasives), una escala temporal (els esdeveniments es van seqüenciant i solapant en el temps), una escala espacial (els objectes són distribuïts en l'espai i varien la seva posició amb el temps) i una escala ambiental (il·luminació, pluja, boira).

És possible construir un model del cos humà amb articulacions cinemàtiques i diversos particularitats quan a mida i forma. La presència d'aquestes unions cinemàtiques es troba

convenientment present en models per mitjà de sistemes de referència de coordenades globals i locals.

MADYMO (Models dinàmics matemàtics) és una eina d'aquest tipus de programari que s'ha desenvolupat per dissenyar i optimitzar els sistemes de seguretat dels ocupants de l'automòbil, però que té una gamma d'altres aplicacions relacionades, com és la reconstrucció d'accidents, la biomecànica de lesions, el maneig del vehicle, etc. S'ofereix la possibilitat de combinar ambdues tècniques de modelatge d'elements finits.

L'enfocament corporal utilitza algorismes numèrics per predir el moviment dels sistemes de cossos connectats per articulacions cinemàtiques, sobre la base de les condicions inicials i les propietats inercials dels cossos. La capacitat dels elements finits permet la simulació del comportament estructural, de cara a la predicció de la resposta constitutiva associada (O'Riordan, 2003).

Un punt fort d'aquest programari és la seva base de dades de models del cos humà, incloent la família de models corporals dels vianants.

9.5. Estratègies de representació

Com ja ha estat comentat, el potencial de representació i explicació de situacions i conceptes mitjançant la utilització d'imatges es molt elevat, en qualsevol àmbit.

Aquest potencial, esdevé gairebé una necessitat per a representar d'una forma clara i pedagògica els punts fonamentals que han de quedar reflectits en un Informe de Reconstrucció. A més si es considera el fet que ha d'estar enfocat a un públic que no necessàriament ha de estar familiaritzat amb els raonaments abstractes dels càlculs numèrics o les ubicacions espacials dels elements.

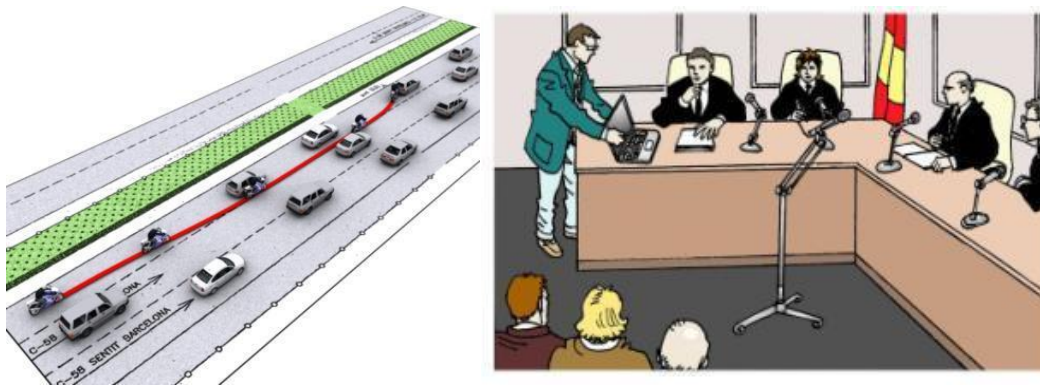


Figura 9.11 Exemple de simulació virtual portada a judici. Font: Elaboració pròpia.

L'explicació de dinàmiques complexes d'accidents, que representarien una gran complexitat per ser explicades en termes de paraules o formalismes matemàtics, esdevenen fàcilment explicades i compreses mitjançant la utilització de grafismes estàtics o d'una seqüència

d'imatges animades.

Així doncs la utilització de eines gràfiques als Informes de Reconstrucció transcendeix de ser un fet estètic per esdevenir una eina bàsica per a la representació i explicació de conceptes i per la plasmació visual de les trajectòries pre i post-col·lisió dels vehicles.

A nivell dels grafismes emprats en els Informes podem fer les següents classificacions:

– **Per tipus**

Imatge Estàtica: Es tracta d'una única imatge que representa una situació o concepte concret.

Seqüència Dinàmica: Es tracta d'una seqüència de vídeo que representa una trajectòria o un concepte dinàmic.

– **Per suport**

Imatges dibuixades: Tot i que les imatges dibuixades presenten un potencial molt més reduït que les imatges 3D a l'hora de representar trajectòries i col·lisions. Poden ser una eina molt útil de cara a representar conceptes concrets o facilitar la seva comprensió.

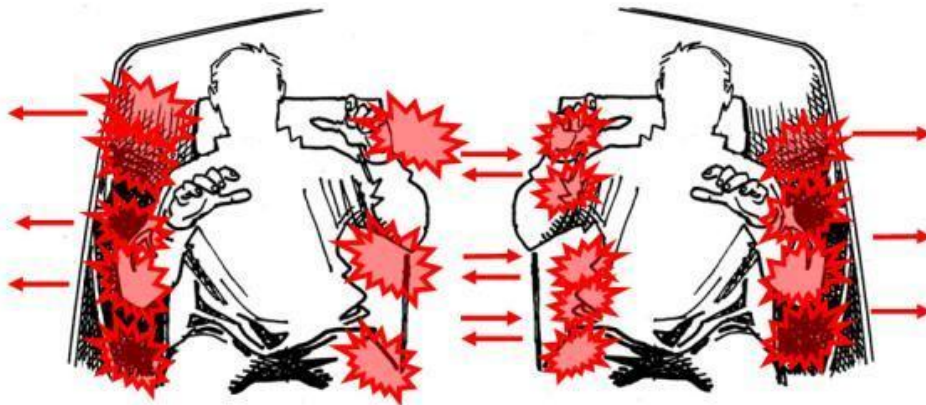


Figura 9.12 Exemple de simulació de l'efecte coctelera dibuixada. Font: Elaboració pròpia.

Imatges sobre croquis: Es tracta d'aprofitar el croquis elaborat per la Força Instructora i respectant sempre el seu contingut i acotacions, fer representacions 3D, per generar imatges o seqüències que representin les trajectòries dels vehicles.

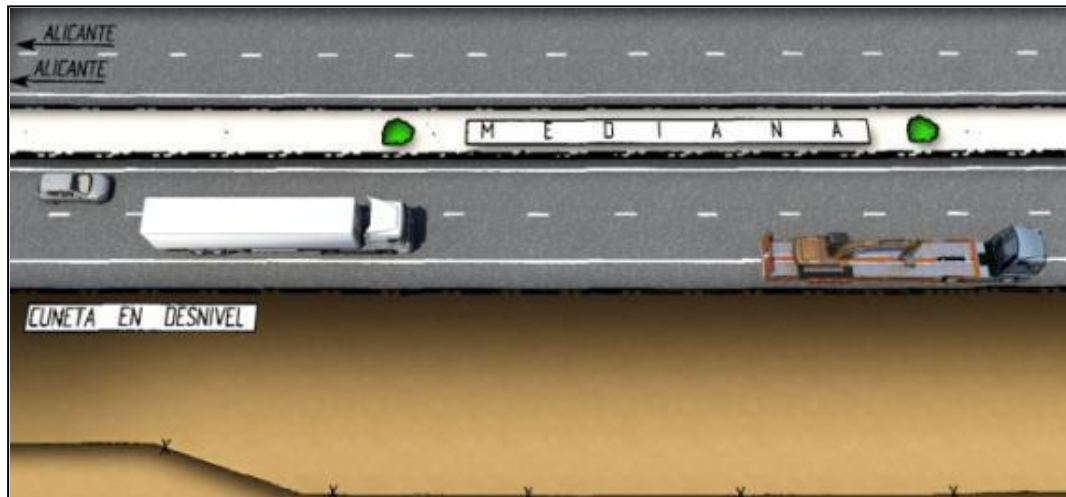


Figura 9.13 Exemple de simulació sobre croquis de la Força Instructora. Font: Elaboració pròpia a partir d'un croquis de la Força Instructora.

Imatges sobre fotografia: Es tracta d'aprofitar fotografies de l'entorn per tal d'introduir elements 3D, que recreïn sobre l'entorn real els elements presents al moment de l'accident. Donant constància mitjançant imatges estàtiques o recreacions dinàmiques de les posicions o trajectòries seguides pels implicats.



Figura 9.14 Simulació d'accident sobre fotografia realitzada. Font: Elaboració pròpia.

Recreació de l'entorn: Es tracta de recrear de forma virtual a més dels implicats, el propi entorn on es produeix l'accident. La recreació virtual té el valor afegit de que en les recreacions dinàmiques, es poden definir molt més els detalls així com el moviment de les càmeres que en les recreacions realitzades sobre croquis o fotografia de l'entorn.



Figura 9.15 Exemple de simulació generant entorn virtual de l'escena. Font: Elaboració pròpia.

– **Per la seva finalitat**

Representació de conceptes o situacions específiques: Els grafismes són una eina didàctica bàsica a l'hora de representar conceptes i situacions que implicarien un gran esforç per ser explicades amb paraules o amb text. Evidentment aquestes imatges aniran acompanyades d'un text que reforçarà el concepte o situació que vol ser descrita.



Figura 9.16 Exemple de simulació virtual d'un accident específic. Font: Elaboració pròpia.

Representació de posicions o trajectòries: Els grafismes, especialment els dinàmics o un conjunt d'imatges estàtiques seqüencials seran una eina bàsica per tal de descriure les variacions de les posicions amb el temps i en definitiva la dinàmica de l'accident.

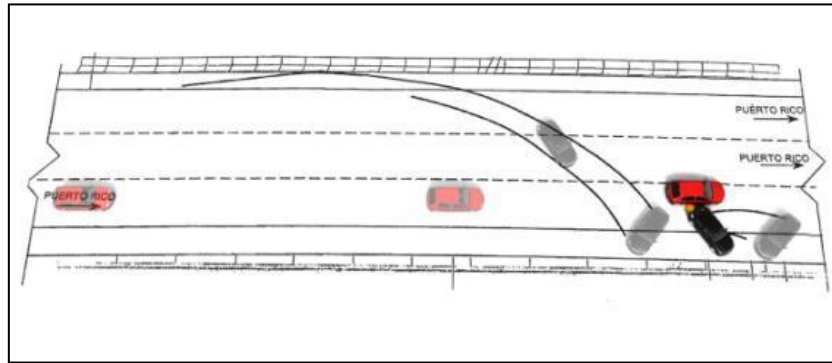


Figura 9.17 Exemple de representació de posicions finals i trajectòries prèvies. Font: Elaboració pròpia.

– Tipus de grafismes

Les cinemàtiques: Constitueixen una recreació de l'accident i de les causes que van concórrer, mitjançant la representació d'un conjunt d'imatges seqüencials temporalment, acompanyades de text que va descrivint com es va produint l'accident. Aquestes imatges poden emprar tots els tipus de suport i no necessàriament el mateix a totes elles. Tot i això sempre que sigui possible és recomanable representar la col·lisió amb croquis per tal de no desvirtuar la ubicació del mateix efectuat per la força instructora.

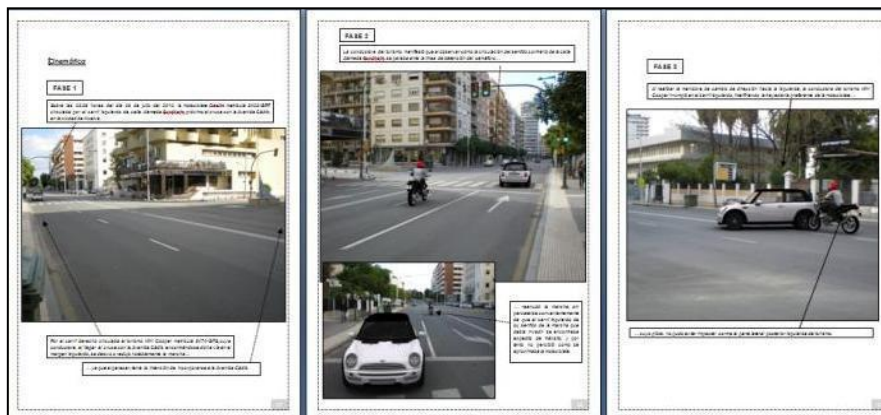


Figura 9.18 Exemple de cinemàtica en un informe de reconstrucció. Font: Elaboració pròpia.

Les virtuals: Suposen una seqüència cinematogràfica de petita durada (2-5 minuts) que no només és un producte limitat a la informació gràfica de l'accident, sinó que simultanieja l'explicació amb veu amb les imatges simulades de l'accident, així com amb la presentació d'informació relativa a l'accident (croquis, atestat, informe forense, fotografies dels vehicles implicats, fotografies del lloc de l'accident...). A la recreació virtual no només es representa la dinàmica del accident mitjançant una simulació 3D, sinó que a més es van desglossant en diversos apartats els aspectes més rellevants de l'Informe de reconstrucció com ara el punt de col·lisió, la velocitat, la visibilitat, l'evitabilitat, etc.



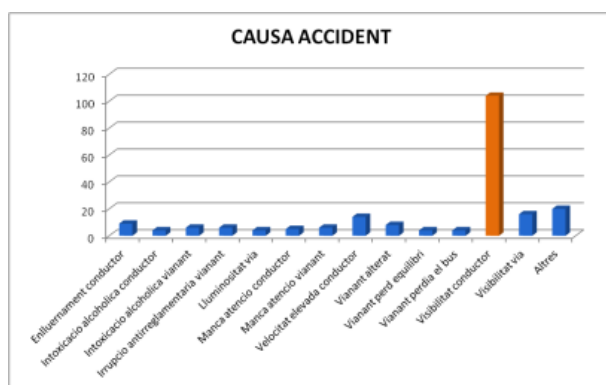
Figura 9.19 Exemple de reconstrucció virtual. Font: Elaboració pròpia.

9.6. Valor afegit de la creació d'una base de dades

A un accident es troben presents nombrosos factors, via, vehicle, persones implicades, factors climàtics, etc. Així mateix la tasca de reconstrucció requereix l'exploració de tot un seguit de paràmetres com ara les velocitats dels vehicles, distàncies recorregudes, temps transcorregut, etc., així com l'anàlisi i inferència de tot un seguit de factors, com ara la tipologia de la col·lisió, la visibilitat dels implicats, l'evitabilitat de l'accident, etc.

Aquest elevat nombre d'informació que conté una reconstrucció de trànsit és molt interessant a nivell individual, però no ho és menys el seu tractament conjunt per tal d'inferir patrons comuns entre accidents o diferències significatives en alguns paràmetres.

Així, l'anàlisi conjunt d'un elevat nombre d'accidents i el seu posterior anàlisi estadístic, permeten establir mecanismes predictius dels accidents, així com l'adopció d'estratègies d'apaivagament o almenys de reducció del nombre d'accidents.



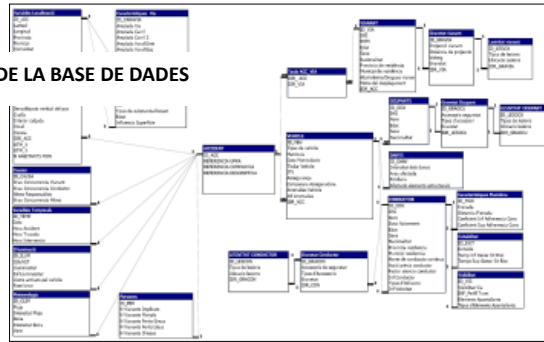
L'anàlisi comú d'un gran nombre d'accidents permet establir factors com les causes principals que solen concórrer en els accidents.

Ara bé la manipulació conjunta d'aquest elevat nombre d'informació, fa gairebé impossible la seva explotació i tractament si no es fa us d'eines especialment desenvolupades per al tractament d'un gran nombre d'informació; és a dir, d'una base de dades.

La creació de la base de dades i la seva explotació mitjançant consultes ens permetrà doncs fer una òptima explotació de la informació que esdevindria gairebé impossible amb un altra mena de mitjans.

El procés de creació i explotació contempla les següents fases:

CONCEPCIÓ I ELABORACIÓ DE LA BASE DE DADES



INTRODUCCIÓ DE DADES

ID_COND	EPD	Sexe	Data_Nascim	NM	Sexe	Nacionalitat	Provincia_residencia
275 12870468	Juan José López Martínez	M	18/07/1965	38	home	Espanya	Jacobs
275 53218096	José Antonio García Robledo	M	24/06/1970	29	home	Espanya	Cadix
275 17342080	Pedro Manrique Arroyave	M	06/01/1953	64	home	Espanya	Sevilla
275 52282628	José Manuel Gómez Sánchez	M	26/02/1961	47	home	Espanya	Valladolid
275 43394020	Adolfo Trujillo Sempán	M	09/07/1952	50	home	Espanya	Santa Cruz de Tenerife
275 52282628	Andrés Rodríguez Peña	M	24/02/1961	47	home	Espanya	La Corunya
275 75772704	Alfonso Carón Rodríguez	M	09/09/1963	19	home	Espanya	Cadix
275 1	José Manuel López Rob	M	28/01/1960	28	home	Espanya	Sevilla
280	Francisco Manuel Mayo	M	28	home	Espanya	La Corunya	
280	Rafael Rodríguez Domínguez	M	28	home	Espanya	Sevilla	
280	Vicente Mendibide Cobera	M	33	home	Espanya	Palencia	
280	José Francisco Rodríguez Domínguez	M	28	home	Espanya	Sevilla	
284	José María Caballero Real	M	27	home	Espanya	Pontevedra	
280	Rafael García Carrozzini	M	12	home	Espanya		
280	Manuel Martínez Ariza	M	12	home	Espanya	Málaga	
280	José Antonio Rodríguez Real	M	34	home	Espanya		
280	Antonio Pedro Muñoz	M	32	home	Espanya		
280	Silvestre Guerrero Vidal	M	29	home	Espanya	Huesca	
280	Andrés Cacho Castro	M	43	home	Espanya		
280 43438000	Laura Borja Torres	M	18/06/1932	38	dona	Espanya	Huesca
280	Tiberio Pratsyevsky	M	03/07/1980	27	home	Espanya	Cataluña
280 48484800	Juan Ramón Sánchez Anguiano	M	22/02/1937	38	home	Espanya	Suspensa
280 78932800	Maria Mercedes Castellana	M	22/02/1962	33	dona	Espanya	Pontevedra
280 98984800	Andrés Guzmán Díaz	M	18/12/1963	34	home	Espanya	
280 47847800	Antonio López Hernández	M	18/02/1964	44	home	Espanya	Pontevedra
280 47847804	Santiago Vayas Lozano	M	20/07/1961	42	home	Cuba	Batavia
280 44874400	Fernando Moreno Argente	M	29	home	Espanya	Pontevedra	
280 98984800	José Luis Olvera	M	26/10/1939	38	home	Espanya	Tampara
280 48484804	Vicente Sánchez Carr	M	05/11/1961	35	home	Espanya	Galicia

PLANIFICACIÓ I REALITZACIÓ DE CONSULTES

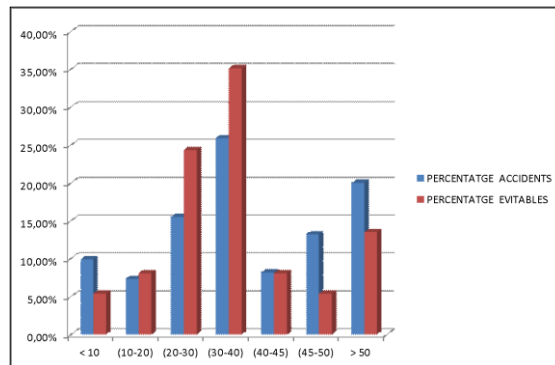
```

EV VS Vel
SELECT Evitabilitat.[Evitable a V vehicle], [Caracteristiques Maniobra].[Velocitat Circulació Vehicle] INTO [Evi Vs Velocitat]
FROM [CONDUCTOR INNER JOIN [Caracteristiques Maniobra] ON
[CONDUCTOR_ID_COND] = [Caracteristiques Maniobra].IDR_COND] INNER JOIN Evitabilitat ON CONDUCTOR_ID_COND = Evitabilitat.IDR_COND
WHERE ([Caracteristiques Maniobra].[Velocitat Circulació Vehicle] Is Not Null);
    
```

EXPORTACIÓ I TRACTAMENT DELS RESULTATS

EVITABILITAT ASSOCIADA A LA VELOCITAT DE CIRCULACIÓ (m/s)	NOMBRE ACCIDENTS	PERCENTATGE
< 10	35	9,90%
(10-20)	26	7,30%
(20-30)	55	15,50%
(30-40)	92	25,90%
(40-45)	29	8,20%
(45-50)	47	13,20%
> 50	71	20,00%
TOTAL	355	100,00%

REPRESENTACIÓ DELS RESULTATS



10. MÈTODE DE SELECCIÓ DE LA BASE D'ESTUDI

Amb el propòsit d'analitzar tots els factors destacats en un atropellament en zona urbana, s'han estudiat tota una sèrie d'atropellaments duts a terme per l'empresa especialitzada en reconstrucció d'accidents de trànsit UPRA SL, fent especial èmfasi als accidents ocorreguts a la ciutat de Barcelona i la seva Àrea Metropolitana. Per realitzar l'estudi d'aquests accidents, s'ha creat una base de dades a través de *Microsoft Access 2007* amb un total de 24 taules i de l'ordre de 205 camps referits a atropellaments.

Pel que fa a les relacions entre les taules, cal esmentar que es parteix d'una taula base o mare, que és la d'Accident, i a través de diversos identificadors i cardinalitats es relaciona amb les diferents taules d'informació principals que conté la base. A la figura 10.1 es mostra l'esquema gràfic amb les relacions entre les taules creades amb *Microsoft Access 2007*. Tal i com es pot observar, la taula mare (vermell) dona lloc a diverses taules principals, que a la vegada són l'origen, i es relacionen mitjançant nous identificadors, de diverses taules secundàries. Un exemple d'això es contempla en la taula secundària Danys, que fa referència a la taula principal Vehicle, que al seu temps, es desprèn de la taula base Accident.

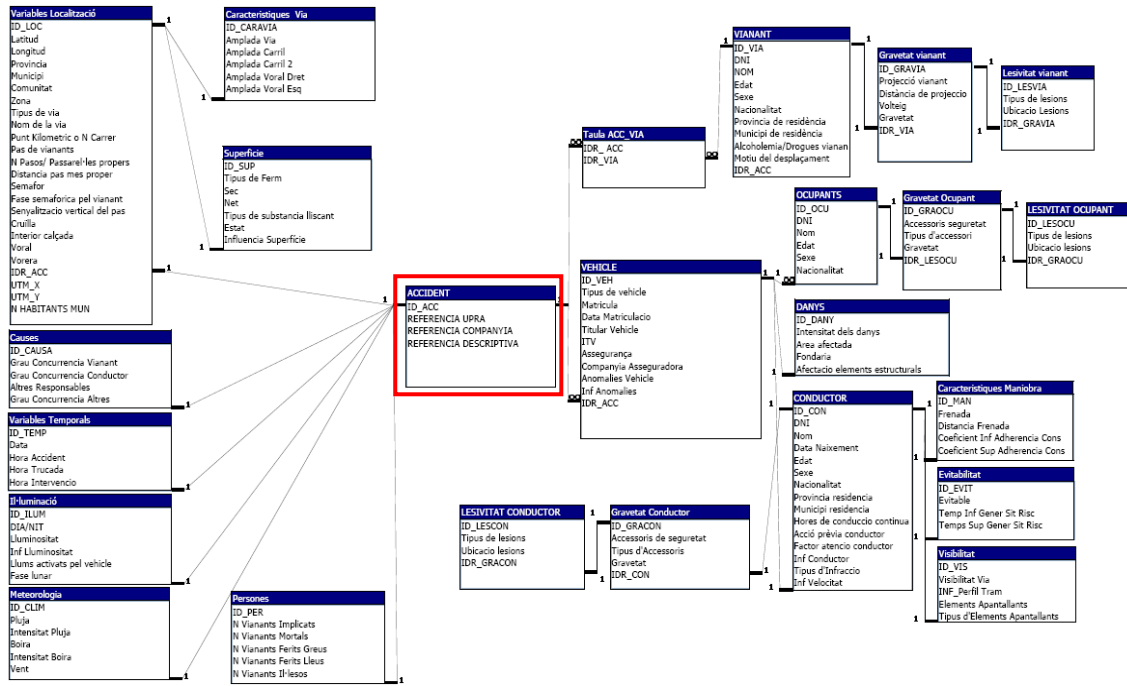
En alguns casos, podem trobar, fins i tot, taules que es desprenen de les secundàries, com pot ser el cas de la Gravetat del Conductor, que prové de la de Conductor, i aquesta de la de Vehicle. I al mateix temps, taules que se'n deriven d'aquest nivell, com la Lesivitat del Conductor, que sorgeix en funció de la Gravetat del Conductor.

Esmentar que la majoria de cardinalitats van de 1 a 1, exceptuant que un Accident pot tenir varis Vehicles implicats, i un Vehicle pot tenir varis Ocupants. Cal destacar que, més d'un Vianant pot estar implicat en més d'un Accident, de manera que es dur a terme una taula intermèdia (Taula Acc_Via) per a abarcar aquest fet poc freqüent.

Cal esmentar que el present estudi pretén analitzar dades distribuïdes en diferents categories ben diferenciades i de diversa naturalesa (numèriques, booleans, regles de validació, etc.). La gestió d'aquestes dades mitjançant en una única taula es plantejava doncs complicada, tornant-se inviable si algunes de les dades es relacionen amb diferents cardinalitats.

Quant al Sistema Gestor de la Base de dades, es va optar per implementar la mateixa en *Microsoft Access 2007*. Si bé no era el sistema més robust, ni més segur, ni més ràpid, es va considerar que per a l'anàlisi que es presenta en l'actual Tesi, no es precisava d'un altre Sistema més potent per dur a terme l'estudi.

Aquesta base de dades ha estat concebuda amb una projecció de cara a l'anàlisi de tot tipus d'accidents de trànsit, per la qual cosa alguns dels camps inclosos poden no tenir interès en l'anàlisi d'atropellaments, de manera que alguns camps podran quedar buits.



11. MÈTODE D'ANÀLISI DELS CASOS D'ESTUDI

11.1. Selecció dels casos d'estudi

Per a la realització d'aquest estudi, s'han tingut en compte els atropellaments en zona urbana ocorreguts a partir de l'any 1998 i fins l'actualitat, dels quals s'ha realitzat un anàlisi o un informe de reconstrucció de l'accident per part de l'empresa UPRA, S.L.

La selecció dels casos s'ha realitzat mitjançant els criteris d'un atropellament "estàndard", entre un vehicle a motor (turisme, motocicleta, ciclomotor, camió, furgoneta, excavadora, autocar, autobús, tractor, etc.) i un vianant que transcorria a peu, o en alguns casos, corrent. Per tant, s'han exclòs tots aquells atropellaments a ciclistes o animals dins la via pública, així com a motoristes, doncs es considera un xoc entre dos vehicles.



Figura 11.1 Cinemàtiques d'atropellaments. Font: Elaboració pròpia.

El nombre total de la mostra és de 366 atropellaments en vies urbanes distribuïdes al llarg de l'Estat Espanyol, a ciutats com ara Barcelona, Madrid, València, Sevilla, Còrdova, Corunya, Jaén, i un llarg etc., però també a ciutats i pobles de menor grandària, sempre que es tractés d'una via urbana i no interurbana.

Cal destacar i remarcar aquest aspecte, doncs, la mostra només fa referència a totes aquelles vies que transcorren dins les ciutats o pobles, o en travessies properes a aquestes, on la limitació de velocitat no supera el màxim genèric estipulat per a aquestes vies dins l'Estat Espanyol, que és de 50 km/h.

De manera que tots els atropellaments on la velocitat màxima permesa de la via sigui igual o inferior a aquest valor s'inclouran en la base de casos d'estudi.

En la *figura 11.2* es mostren de manera visual els diferents tipus de via els quals s'han inclòs en l'estudi. En primer terme, podem trobar una via ampla (passeig, avinguda o ronda), o estreta (carrer o passatge) de qualsevol ciutat espanyola, on la limitació de velocitat és la genèrica per a totes les vies urbanes, a expenses de senyalitzacions excepcionals. La segona imatge fa referència a totes aquelles carreteres o camins, també dins l'estudi, que transcorren per interior de poblat o ciutat, i la seva limitació de velocitat es redueix a la genèrica. I per últim, s'inclouen també en l'estudi travessies que connecten o estan properes a nuclis de població importants, encara que no tinguin passos de vianants propers.



Figura 11.2 Instantànies de diversos Informes de Reconstrucció d'atropellaments. Font: Elaboració pròpia.

En aquest sentit, dins l'estudi es duu a terme una distinció en la localització explícita de l'accident, ja sigui al interior de la calçada, en una cruïlla, en un voral o en la vorera de la via.

Esmentar també que s'han introduït a la base tots aquells atropellaments de caràcter lleu, greu o mortal sobre el vianant, doncs donaran peu a un posterior anàlisi en la reducció de la gravetat de l'accident en funció de la reducció de la velocitat.

D'aquesta manera, per a omplir la base de casos d'estudi s'han seguit els criteris esmentats anteriorment. I pel que fa al procés d'extracció i introducció de dades, ha vingut determinat per la informació rellevant extreta dels anàlisis, informes de reconstrucció, atestats de la Força Instructora, així com d'informes forenses, per a poder introduir-los posteriorment en la

base de dades creada (Spinak, 1996).

A continuació es mostren les principals fonts d'extracció de dades per la seva posterior introducció a la Base de Dades d'atropellaments. D'esquerra a dreta: Informe de Reconstrucció, Atestats Policial, Anàlisi d'Accident, Croquis Policial i Informe Forense.



I seguidament, la vista preliminar d'un parell de taules de la Base de Dades, realitzada amb Microsoft Access 2007.

ACCIDENT	REFERENCIA UPRRA	REFERENCIA COMPAÑIA	REFERENCIA DESCRIPTIVA	KILOMETRE	LATITUD	LONGITUD	COMUNITAT	PROVINCIA	MUNICIPI
40	403	40301	Atropellament	98	41,37942	2,14679	Catalunya	Barcelona	Barcelona
41	407	40701	Atropellament	95	41,40079	2,17022	Catalunya	Barcelona	Barcelona
42	408	40801	Atropellament	92	41,39984	2,18289	Catalunya	Barcelona	Barcelona
43	442	44201	Atropellament	93	41,42884	2,17674	Catalunya	Barcelona	Barcelona
44	434	43401	Atropellament	94	41,38183	2,17114	Catalunya	Barcelona	Barcelona
45	402	40201	Atropellament	99	41,41378	2,187	Catalunya	Barcelona	Barcelona
46	403	40302	Atropellament	98	41,39889	2,18899	Catalunya	Barcelona	Barcelona
47	426	42601	Atropellament	97	41,39646	2,18489	Catalunya	Barcelona	Barcelona
48	427	42701	Atropellament	99	41,38723	2,18254	Catalunya	Barcelona	Barcelona
49	419	41901	Atropellament	99	41,42486	2,17972	Catalunya	Barcelona	Barcelona
50	406	40601	Atropellament	98	41,40888	2,17998	Catalunya	Barcelona	Barcelona
51	379	37901	Atropellament	90	41,41521	2,18812	Catalunya	Barcelona	Barcelona
52	306	30601	Atropellament	90	41,37129	2,14338	Catalunya	Barcelona	Barcelona
53	289	28901	Atropellament	93	41,33493	2,02777	Catalunya	Barcelona	Viladomiu
54	284	28401	Atropellament	90	41,40131	2,03216	Catalunya	Barcelona	Barcelonès de Sant Joan de Vilatorrada
55	247	24701	Atropellament	95	41,40942	2,04492	Catalunya	Barcelona	Barcelona
56	238	23801	Atropellament	90	41,40084	2,0484	Catalunya	Barcelona	Barcelona
57	221	22101	Atropellament	99	41,41891	2,07772	Catalunya	Barcelona	Barcelona
58	177	17701	Atropellament	99	41,34529	2,12175	Catalunya	Barcelona	Espartero de Llobregat
59	134	13401	Atropellament	113	41,33428	2,18125	Catalunya	Barcelona	El Prat de Llobregat
60	143	14301	Atropellament	111	41,31589	2,08495	Catalunya	Barcelona	Viladomiu
61	138	13801	Atropellament	112	41,30877	2,12792	Catalunya	Barcelona	Espartero de Llobregat
62	171	17101	Atropellament	110	41,38322	2,10882	Catalunya	Barcelona	Espartero de Llobregat
63	180	18001	Atropellament	114	41,38511	2,07722	Catalunya	Barcelona	Castelldefels
64	178	17801	Atropellament	119	41,38191	2,18994	Catalunya	Barcelona	Espartero de Llobregat

Figura 11.3 Vista preliminar de taules de la base de dades. Font: Elaboració pròpia.

Així doncs, la introducció de les dades a la Base ha estat efectuada mitjançant l'anàlisi detallat d'atestats i Informes de Reconstrucció elaborats per l'empresa UPRRA, S.L. Cal destacar també, que el procés d'inserció de dades ha estat controlat, en tot moment, mitjançant la creació de Consultes de Control durant el procés d'introducció.

11.2. Inventari de la informació de cada cas d'estudi

La base de casos d'estudi d'atropellaments conté un total de 24 taules i 202 camps distribuïts al llarg de 4 grans blocs. Totes aquestes variables han estat extretes directa o indirectament de totes i cadascuna de les anàlisis o informes realitzats per tècnics experts de l'empresa reconstructora.

Pel que fa a la definició de cada un dels camps de la base, cal esmentar que hi haurà variables

que seran de tipus booleà, de *sí* o *no*. Així com d'altres que seguiran regles de validació, és a dir, que només es podran omplir a partir d'unes paraules o valors prèviament introduïts. En qualsevol cas, s'identificarà de quin tipus de camp es tracta entre parèntesis.

A continuació, es mostra el inventari de la informació de cada cas d'estudi segons els cinc grans blocs d'informació i segons el tipus de variable:

*Variables observades i deduïdes**: Extreptes directament dels informes, anàlisi, informes forenses i atestats realitzats per la Força Instructora. Podem parlar també de camps omplerts mitjançant raonaments lògics a partir de l'observació de croquis, atestats, etc. I treure conclusions de principis generals.

*Variables calculades**: Camps principalment numèrics o booleans computats mitjançant fórmules físicomatemàtiques, a partir de dades i informacions observades o deduïdes. Poden fer referència també a coeficients, valors o equacions extreptes de manuals i llibres relacionats.

*Es pot donar el cas que alguna variable calculada, ja aparegui en algun informe o atestat i no sigui necessari el seu càlcul: Exemple: *Velocitat de circulació*, *Velocitat d'impacte*, *Fase semafòrica*, *Distància inferior i superior recorreguda pel vianant*, etc.

A continuació, se citen totes les variables que inclou la base de dades, així com la definició de les més rellevants, destacant en tot moment si es tracten de camps observats i deduïts, o camps calculats empíricament.

1. Bloc 1. Taula principal

1.1. Accident

- 1.1.1. **Referència pròpia**: Codi intern per a la identificació de cada accident analitzat. Inclou el número de cas de la companyia asseguradora per a l'empresa UPRA, el nom de la companyia, i el lloc de l'accident. Exemple: *430 Cahispa Barcelona*.
- 1.1.2. **Referència Companyia**: Codi intern de la companyia asseguradora per a la identificació de cada un dels seus casos. Exemple: *0850018099 (430 Cahispa Barcelona)*.
- 1.1.3. **Referència Descriptiva**: Per a identificar el tipus d'accident analitzat en la base de dades. Com ja s'ha esmentat, en tot moment l'estudi se centra en els atropellaments, de manera que la referència descriptiva per a tots els accidents serà "atropellament".

2. Bloc 2. Taules circumstàncies

2.1. Meteorologia

- 2.1.1. **Pluja**: Si en el moment de l'accident estava plovent o no (*booleana*).
- 2.1.2. **Intensitat pluja**: Feble, Moderada o Forta (*regla de validació*).
- 2.1.3. **Boira**: Si en el moment de l'accident hi havia boira o no (*booleana*).
- 2.1.4. **Intensitat boira**: Feble, Moderada o Forta (*regla de validació*).

- 2.1.5. **Vent:** Si en el moment de l'accident hi havia vent o no (*booleana*).
- 2.1.6. **Intensitat vent:** Feble, Moderada o Forta (*regla de validació*).
- 2.1.7. **Neu:** Si en el moment de l'accident estava nevant o no (*booleana*).
- 2.1.8. **Intensitat neu:** Feble, Moderada o Forta (*regla de validació*).
- 2.1.9. **Influència pluja:** Si la pluja va influir en la consecució de l'accident o no (*booleana*).
- 2.1.10. **Influència boira:** Si la boira va influir o no en l'accident (*booleana*).
- 2.1.11. **Influència vent:** Si el vent va influir o no en l'accident (*booleana*).
- 2.1.12. **Influència neu:** Si la neu va influir o no en l'accident (*booleana*).

2.2. Visibilitat

- 2.2.1. **Visibilitat via:** Pot venir determinada per la Força Instructora en alguns atestats o informes. Fa referència a la perceptibilitat entre els implicats en l'accident en funció del perfil del tram, dels elements apantallants¹⁷, dels factors meteorològics, del tipus de roba del vianant i de l'enlluernament del conductor (*regla de validació*).
 - Bona
 - Restringida
 - Dolenta
- 2.2.2. **Influència perfil tram:** Si la configuració del tram ha influït o no en la consecució de l'accident. Per exemple en els casos on un canvi de rasant, esquerra, o un revolt força tancat redueixi de forma notable la visibilitat de la via, dreta (*booleana*).
- 2.2.3. **Elements apantallants:** Si en la consecució de l'accident existien o no elements que poguessin obstaculitzar la visió entre vianant i conductor i viceversa (*booleana*).
- 2.2.4. **Tipus d'elements apantallants:** (*regla de validació*).
 - Vehicle: Cas més freqüent, ja sigui perquè el vianant apareix entre vehicles estacionats, esquerra, o perquè durant el transcurs de la circulació, un vehicle apantalla parcialment la visió de l'altre, dreta.
 - Vegetació.
 - Mobiliari urbà.
 - Contenidor.
 - Propi vehicle: És freqüent que es produeixin atropellaments de vianants que accedeixen a la part davantera de la cabina d'un camió o vehicle on el conductor se situa en una posició elevada com a les imatges. Factor que provoca que si la irrupció del vianant es produeix molt propera a la cabina, la pròpia estructura de la mateixa limita la visibilitat del conductor.
- 2.2.5. **Influència elements apantallants:** Si en el moment de l'accident, els elements apantallants van influir o no en la consecució d'aquest (*booleana*).
- 2.2.6. **Influència factors meteorològics:** Si la meteorologia del moment, ja fos pluja, neu, vent o boira, va influir o no en la consecució de l'accident (*booleana*).
- 2.2.7. **Visibilitat vehicle:** Grau de perceptibilitat del conductor del vehicle respecte l'emplaçament del vianant just abans de produir-se el impacte (*regla de validació*).
 - Bona.
 - Restringida.

¹⁷ S'entén per element apantallant un objecte barrera que limita total o parcialment el camp de visió.

- Dolenta.
- 2.2.8. **Visibilitat vianant:** Grau de perceptibilitat del vianant respecte el vehicle (*regla de validació*)
 - Bona.
 - Restringida.
 - Dolenta.
- 2.2.9. **Tipus de roba del vianant:** En el cas d'atropellaments produïts en horaris nocturns o d'escassa lluminositat, la indumentària utilitzada pel vianant és un factor que pot condicionar l'accident. D'aquesta manera vestimentes amb colors vius i lluminosos poden afavorir la seva detecció enfront d'un altre tipus de vestimentes més fosques, en la mesura que suposen un contrast cromàtic amb la foscor ambiental dominant.
- 2.2.10. **Elements reflectants:** Si el vianant duia o no elements reflectants en el moment de l'accident, factor que augmenta notablement la capacitat de detectar la presència d'un vianant per part dels conductors dels vehicles (*booleana*).
- 2.2.11. **Enlluernament del conductor:** Si els ulls del conductor van ser sotmesos o no a una intensitat de llum molt elevada com per saturar-lo lumínicament perden la percepció de la resta d'objectes que hi ha a la via (*booleana*).
- 2.2.12. **Factor d'enlluernament:** Els dos factors principals d'enlluernament són el Sol en horari diürn i els fars d'altres vehicles en horari nocturn.
- 2.2.13. **Marge d'irrupció del vianant:** Des de quin costat el vianant va començar a creuar la via, des del punt de vista del conductor del vehicle implicat en l'accident. (*regla de validació*)
 - Esquerra.
 - Dreta.
- 2.2.14. **Vianant immòbil en la via:** Si el vianant es trobava enmig de la via o no sense moure's per motius variis (*booleana*).
- 2.2.15. **Lloc previsible de creuament:** Si el punt de l'accident era en un lloc habilitat o no per al trànsit de vianants, com una vorera, una via residencial o un pas de vianants, independentment de si el creuament es produïa amb o sense preferència per al vianant (*booleana*).

2.3. Il·luminació

- 2.3.1. **Dia/Nit:** En funció del grau de lluminositat del dia de l'any quan es produeix l'accident. (*regla de validació*)
 - Dia
 - Nit
 - Alba
 - Posta
- 2.3.2. **Lluminositat:** Atribut de la sensació visual segons el qual una superfície determinada sembla emetre més o menys llum. En funció de si era de dia, o si el grau d'instal·lació artificial era correcte o no (*regla de validació*)
 - Bona
 - Mitjana
 - Dolenta

- 2.3.3. **Influència lluminositat:** Si aquest atribut de sensació visual va contribuir o no a la consecució de l'accident (*booleana*).
- 2.3.4. **Llums activades pel vehicle:** Si bé la il·luminació dels fars del vehicle (sempre que aquests es trobin en bon estat) subministra un flux de llum suficient per percebre nítidament els objectes, cal contemplar que aquests tenen un abast limitat (de l'ordre dels 40 metres en el cas dels llums curts), podent quedar fora de l'abast dels fars els objectes existents en els marges de les vies. D'altra banda, comentar que els fars dels vehicles són dissenyats de tal forma que il·lumina en menor quantitat el far esquerre (amb la finalitat d'evitar enlluernaments en els altres vehicles), la qual cosa provoca que sigui més fàcil identificar objectes situats a la dreta del vehicle que no a la seva esquerra. (*regla de validació*).
- Cap
 - Posició
 - Curts
 - Llargs
 - Boira
 - Marxa enrere
- 2.3.5. **Fase lunar:** En el cas de la circulació en horari nocturn i sense il·luminació artificial, la il·luminació natural es nul·la o molt reduïda, depenent de la fase lunar existent (*regla de validació*).
- Plena
 - Quart Mínvant
 - Lluna Nova
 - Quart Creixent
- 2.3.6. **Instal·lació il·luminació artificial:** Si en el moment de l'accident, normalment nocturn, es dotava o no d'algun tipus d'il·luminació artificial (*booleana*).
- 2.3.7. **Grau il·luminació artificial:** Nivell de llum existent on es va produir l'atropellament.
- 2.3.8. **Tipus il·luminació artificial:** Normalment es tracta de *fanals*.

2.4. Persones

- 2.4.1. Nombre de vianants implicats.
- 2.4.2. Nombre de vianants mortals.
- 2.4.3. Nombre de vianants ferits greus.
- 2.4.4. Nombre de vianants ferits lleus.
- 2.4.5. Nombre de vianants il·lesos.
- 2.4.6. Nombre de ocupants implicats.
- 2.4.7. Nombre de ocupants mortals.
- 2.4.8. Nombre de ocupants ferits greus.
- 2.4.9. Nombre de ocupants ferits lleus.
- 2.4.10. Nombre de ocupants il·lesos.

2.5. Causes

- 2.5.1. **Causa principal Força Instructora:** Motiu principal pel qual es va produir l'accident

- segons opinió de la Força Instructora encarregada d'estudiar i analitzar el cas. Exemple: *Manca atenció conductor, irrupció antireglamentària vianant a la via, etc.*
- 2.5.2. **Causa principal UPRA:** Motiu principal pel qual es va produir l'accident segons opinió dels tècnics especialitzats de l'empresa UPRA, S.L. encarregats d'estudiar i analitzar el cas.
 - 2.5.3. **Grau concurrència vianant:** Estimació a priori del percentatge de culpabilitat en el desenvolupament de l'accident per part del vianant.
 - 2.5.4. **Grau concurrència conductor:** Estimació a priori del percentatge de culpabilitat en el desenvolupament de l'accident per part del conductor.
 - 2.5.5. **Altres responsables:** Possibles culpables o implicats en el desenvolupament de l'accident.
 - 2.5.6. **Grau concurrència altres:** Percentatge de culpabilitat en el desenvolupament de l'accident per part d'altres implicats.
 - 2.5.7. **Causa mediata Força Instructora:** Motiu secundari o que va poder influir en la consecució de l'accident segons opinió de la Força Instructora. Exemple: *Visibilitat conductor, Escassa lluminositat, Paviment mullat, etc.*
 - 2.5.8. **Causa mediata UPRA:** Motiu secundari o que va poder influir en la consecució de l'accident segons opinió tècnics especialitzats de l'empresa UPRA, S.L. encarregats d'estudiar i analitzar el cas.

2.6. Evitabilitat

- 2.6.1. **Evitable:** Si un cop realitzats els càlculs d'evitabilitat, l'accident es podia evitar o no d'alguna manera, ja hagués estat a la velocitat a la que circulava el vehicle, o en el cas que el vehicle implicat circulés a la velocitat màxima permesa a la via (*booleana*).
- 2.6.2. **Temps inferior a generar situació de risc:** Temps en segons en funció de la distància inferior de generar la situació de risc i la velocitat a la qual es mou el vianant.
- 2.6.3. **Temps superior a generar situació de risc:** Temps en segons en funció de la distància superior de generar la situació de risc i la velocitat a la qual es mou el vianant.
- 2.6.4. **Vehicles en sentit contrari:** Si en el moment de l'accident, transcorrien vehicles de cara que poguessin enlluernar o restar el temps de reacció del conductor implicat en l'accident. Sobretot en casos d'il·luminació nocturna artificial (*booleana*).
- 2.6.5. **Temps reacció conductor:** Temps de resposta en segons per part del conductor, des que percep la situació de risc fins que realitza algun tipus de maniobra evasiva. Resultat de la suma del temps de reacció o percepció, el temps de decisió i el temps d'actuació. El temps de reacció no és igual per a totes les persones i en tots els entorns, ja que depèn principalment de l'edat i del període de conducció, tal com es pot comprovar en la taula del Institut Català de Seguretat Viària.
- 2.6.6. **Temps frenada a velocitat vehicle:** Temps necessari per aturar totalment el vehicle a la velocitat que duia abans de l'accident.
- 2.6.7. **Temps frenada a velocitat màxima:** Temps necessari per aturar totalment el vehicle a la velocitat màxima permesa a la via.
- 2.6.8. **Temps evitabilitat a velocitat vehicle:** Temps que tardaria el conductor del vehicle en evitar l'accident a la velocitat a la qual circulava el vehicle. Ve donat per la suma del temps de reacció, el temps de resposta mecànica (de l'ordre de 0,25 segons) i el temps

de frenada a la velocitat del vehicle.

- 2.6.9. **Temps evitabilitat a velocitat màxima:** Temps en segons que tardaria el conductor del vehicle en evitar l'accident a la velocitat de circulació màxima permesa en la via on es produeix l'accident. Ve donat per la suma del temps de reacció, el temps de resposta mecànica (temps que el sistema de frenada del vehicle precisa per bloquejar les rodes des que s'acciona el pedal de fre per part de la conductor, de l'ordre de 0,25 segons) i el temps de frenada a la velocitat màxima permesa a la via.
- 2.6.10. **Evitable a velocitat vehicle:** Si l'accident es podia evitar o no a la velocitat a la qual circulava el vehicle a partir de temps mitjà de generar la situació de risc i el temps mitjà d'evitabilitat (*booleana*).
- 2.6.11. **Evitable a velocitat màxima:** Si l'accident es podia evitar o no si el vehicle hagués circulat a la velocitat màxima permesa a la via a partir de temps mitjà de generar la situació de risc i el temps mitjà d'evitabilitat (*booleana*).
- 2.6.12. **Velocitat màxima d'evitabilitat:** A partir de càlculs físicomatemàtics, velocitat en km/h màxima a la qual el accident era evitable. Totes aquelles velocitats que donen com a resultat 0, vol dir que l'accident era completament inevitable per part del conductor del vehicle.

2.7. Característiques maniobra

- 2.7.1. **Frenada:** Si, a partir dels atestats, declaracions o croquis de la Força Instructora, el conductor del vehicle va realitzar o no alguna maniobra de frenada (*booleana*).
- 2.7.2. **Distància frenada:** En el cas que sí es produís aquesta frenada, espai en metres que va recórrer des que va accionar els frens fins el moment del impacte. Distància calculada sovint a partir de les marques de frenada dibuixades en els croquis de la Força Instructora en els atestats.
- 2.7.3. **Coefficient inferior d'adherència:** Rang mínim considerat per al coeficient de fregament entre pneumàtics i ferm en dinàmica de frenada i arrossegament. Varia en funció del tipus de ferm, l'estat en el qual es trobava i la velocitat de circulació del vehicle.
- 2.7.4. **Coefficient superior d'adherència:** Rang màxim considerat per al coeficient de fregament entre pneumàtics i ferm en dinàmica de frenada i arrossegament. Varia en funció del tipus de ferm, l'estat en el qual es trobava i la velocitat de circulació del vehicle.
- 2.7.5. **Desplaçament lateral:** Si el conductor del vehicle va intentar esquivar o no el vianant a partir d'alguna maniobra de desplaçament lateral (*booleana*).
- 2.7.6. **Sentit desplaçament lateral:** Esquerra o Dreta (*regla de validació*).
- 2.7.7. **Velocitat circulació vehicle*:** Velocitat en km/h a la qual circulava el vehicle els moments previs a l'accident.
- 2.7.8. **Velocitat impacte vehicle*:** Velocitat en km/h en el moment just de produir-se l'accident.
- 2.7.9. **Distància post col·lisió del vehicle:** Espai en metres que va recórrer el vehicle després del impacte. Permet calcular la velocitat de circulació del vehicle.
- 2.7.10. **Variació angle del vehicle:** En el cas de xoc entre vehicles, graus de variació entre l'eix inicial i la posició final després del impacte del vehicle.

2.8. Variables Temporals

- 2.8.1. **Data**
- 2.8.2. **Hora accident**
- 2.8.3. **Hora trucada**
- 2.8.4. **Hora intervenció**
- 2.8.5. **Dia de la setmana** (*regla de validació*)
- 2.8.6. **Festiu** (*booleana*)
- 2.8.7. **Mes** (*regla de validació*)
- 2.8.8. **Any**

3. Bloc 3: Taules localització

3.1. Variables Localització

- 3.1.1. **Latitud**: distància angular entre la línia equatorial i el punt de l'accident. Mesura al llarg del meridià en el qual es troba aquest punt.
- 3.1.2. **Longitud**: distància angular entre el punt de l'accident i el meridià de referència (meridià de Greenwich).
- 3.1.3. **Comunitat**: CCAA on es produeix l'accident.
- 3.1.4. **Província**: Província espanyola on es produeix l'accident.
- 3.1.5. **Municipi**: Terme municipal on es produeix l'accident.
- 3.1.6. **Zona**: Urbana o Interurbana (*regla de validació*).
- 3.1.7. **Tipus de via**: (*regla de validació*).
 - Carrer
 - Plaça
 - Avinguda
 - Passeig
 - Ronda
 - Carretera
- 3.1.8. **Nom de la via**.
- 3.1.9. **Punt quilomètric / Número Carrer**.
- 3.1.10. **Pas de vianants**: Si l'accident es va produir o no en un pas habilitat per a vianants, independentment o no de si es produïa amb preferència de pas pel vianant o no (*booleana*).
- 3.1.11. **Nombre de Passos / Passarel·les propers**: En el cas de produir-se fora d'un lloc habilitat, nombre de passos de vianant propers a la zona de creuament per fer-ho correctament.
- 3.1.12. **Distància pas més proper**: Metres fins els pas de vianants més proper.
- 3.1.13. **Semàfor**: Si es va produir o no en un pas regulat amb semàfor (*booleana*).
- 3.1.14. **Fase semafòrica del vianant***: (*regla de validació*).
 - Verd
 - Verd intermitent
 - Vermell

- 3.1.15. **Senyalització vertical de pas:** Si hi havia o no algun tipus de senyalització vertical de pas de vianants en el punt de l'accident (*booleana*).
- 3.1.16. **Cruïlla:** Si l'accident es va produir o no en algun punt proper o dins una intersecció de varies vies (*booleana*).
- 3.1.17. **Interior via:** Si l'accident es va produir o no dins la via. Majoria de casos (*booleana*).
- 3.1.18. **Voral:** Si l'accident es va produir o no en algun dels vorals de la via (*booleana*).
- 3.1.19. **Vorera:** Si l'accident es va produir o no fora via, en alguna vorera (*booleana*).
- 3.1.20. **UTM X:** Distància en l'eix de coordenades de l'accident segons la projecció de la Terra en el Sistema de Coordenades Universal Transversal de Mercator¹⁸.
- 3.1.21. **UTM Y:** Distància en l'eix d'ordenades de l'accident segons la projecció de la Terra en el Sistema de Coordenades Universal Transversal de Mercator.
- 3.1.22. **Nombre d'habitants municipi accident:** segons el Institut Nacional d'Estadística (INE), sobre les xifres oficials de població resultants de la revisió del Padró municipal el dia 1 de gener de 2011.

3.2. Superfície

- 3.2.1. **Tipus de ferm:** Classe de superfície que posseïa la via on es va produir l'accident. El coeficient d'adherència dependrà del tipus de ferm. Exemple: *Asfaltat, Graveta, etc.*
- 3.2.2. **Sec:** Si la superfície de la via on es va produir l'accident es trobava lliure de substàncies lliscants i eixuta o no. El coeficient d'adherència també dependrà de la sequedat del paviment (*booleana*).
- 3.2.3. **Net:** Si la superfície de la via on es va produir l'accident es trobava polida o no, sense cap tipus de brutícia (*booleana*).
- 3.2.4. **Tipus de substància lliscant:** Quina mena de líquid o sòlid lliscant posseïa la via en el moment de l'accident, que restés adherència a la via. Exemple: *Aigua, Oli, Gel, etc.*
- 3.2.5. **Estat:** (*regla de validació*)
 - Bo
 - Regular
 - Dolent
- 3.2.6. **Influència superfície:** (*booleana*)
- 3.2.7. **Influència estat:** (*booleana*)
- 3.2.8. **Influència adherència:** (*booleana*)
- 3.2.9. **Influència objectes:** (*booleana*)

3.3. Característiques Via

- 3.3.1. **Amplada via:** Ample en metres de la via on succeeix l'accident, sumant-li tots els carrils i en tots els sentits de circulació disponibles.
- 3.3.2. **Amplada carril:** Ample en metres del carril on es produeix l'accident.
- 3.3.3. **Amplada carril 2:** Ample en metres del carril contigu al que es produeix l'accident, encara que sigui en direcció contrària.

¹⁸ Basat en ED50 (European Datum 1950), un antic sistema de referència geodèsic utilitzat a Europa, i concretament per la zona 31N (Mar del Nord de Dinamarca, Alemanya en alta mar, Noruega, i Espanya per la zona de Catalunya i les Illes Balears).

- 3.3.4. **Amplada voral dret.**
- 3.3.5. **Amplada voral esquerra.**
- 3.3.6. **Sentit de l'accident:** Sentit geogràfic respecte el nord geogràfic en el qual es va produir l'accident. Per analitzar possibles enlluernaments (*regla de validació*).
- 3.3.7. **Traçat planimètric:** Recta, Lleuger Revolt, Fort Revolt o Rotonda (*regla de validació*).
- 3.3.8. **Traçat altimètric:** Pla, Ascendent o Descendent (*regla de validació*).
- 3.3.9. **Carril on es produeix:** Agafant com a referència el marge dret quan a la irrupció a la via, número de carrils que hi ha fins aquell on es produeix l'accident.
- 3.3.10. **Nombre de carrils creuats:** Independentment del marge d'irrupció del vianant a la via, número de carrils creuats fins el carril on es produeix l'accident.
- 3.3.11. **Distància inferior total recorreguda*:** Menor espai en metres que recorre el vianant des de que genera la situació de risc fins que es produeix l'accident. Normalment s'observa i es dedueix a partir dels croquis elaborats per la Força Instructora i el nombre de carrils creuats. Serveix per determinar el temps inferior de generar la situació de risc, en funció de la velocitat que duia el vianant.
- 3.3.12. **Distància superior total recorreguda*:** Major espai en metres que recorre el vianant des de que genera la situació de risc fins que es produeix l'accident. Normalment s'observa i es dedueix a partir dels croquis elaborats per la Força Instructora i el nombre de carrils creuats. Serveix per determinar el temps superior de generar la situació de risc, en funció de la velocitat que duia el vianant.
- 3.3.13. **Entorn:** Fa referència a les característiques excepcionals de la via o als fets que es produïen en les immediacions del punt on es va produir l'accident. Exemple: *Obres, Retencions, Canvi de rasant, etc.*
- 3.3.14. **Influència entorn:** Si aquestes excepcions van tenir rellevància o no en la consecució de l'accident (*booleana*).
- 3.3.15. **Velocitat permesa a la via:** Velocitat màxima en km/h a la que està permès circular per la via on es produeix l'atropellament.

4. Bloc 4: Taules implicats

4.1. Vehicle

- 4.1.1. **Tipus de vehicle:** (*regla de validació*)
 - Turisme
 - Furgoneta
 - Tot terreny
 - Motocicleta
 - Ciclomotor
 - Quadricicle lleuger
 - Autobús
 - Autocar
 - Camió
 - Tractor
 - Tracto camió

- Excavadora
- Formigonera
- Especial (Trens per a turistes, karts, etc.)

4.1.2. **Matrícula**

4.1.3. **Data matriculació***: Any en el qual es va matricular el vehicle implicat. En cas de no aparèixer en els atestats policials, s'extreu a partir de la web: "<http://www.europiezas.com/matriculaciones.aspx>"

4.1.4. **Titular vehicle.**

4.1.5. **ITV**: Data de la propera Inspecció Tècnica per al vehicle implicat en l'accident.

4.1.6. **Assegurança**: Si el vehicle accidentat posseïa o no qualsevol assegurança en vigor en el moment de l'accident (*booleana*).

4.1.7. **Companyia asseguradora**: Nom de la companyia asseguradora. Exemple: *Cahispa, Allianz, Linea Directa, HDI, Fenix Directo, RACC, etc.*

4.1.8. **Anomalies vehicle**: Quins contrafets presentava el vehicle implicat abans de produir-se l'accident. Exemple: *Pneumàtics gastats, frens defectuosos, etc.*

4.1.9. **Influència anomalies**: Si les irregularitats que presentava el vehicle van influir o no en la consecució de l'accident (*booleana*).

4.2. Vianant

4.2.1. **DNI.**

4.2.2. **Nom i cognoms.**

4.2.3. **Edat.**

4.2.4. **Sexe**: Home o Dona (*regla de validació*).

4.2.5. **Nacionalitat.**

4.2.6. **Província residència.**

4.2.7. **Municipi residència.**

4.2.8. **Alcoholèmia/Drogues vianant**: Si el vianant implicat es trobava o no sota els efectes de l'alcohol o d'alguna substància estupefaent en els moments previs a l'accident (*booleana*).

4.2.9. **Motiu desplaçament**: Feina, Estudi, Oci o Domicili (*regla de validació*).

4.3. Conductor

4.3.1. **DNI.**

4.3.2. **Nom i cognoms.**

4.3.3. **Data naixement.**

4.3.4. **Edat.**

4.3.5. **Sexe**: Home o Dona (*regla de validació*).

4.3.6. **Nacionalitat.**

4.3.7. **Província residència.**

4.3.8. **Municipi residència.**

4.3.9. **Hores de conducció continua**: Temps en hores seguides que duia el conductor al volant del seu vehicle. Dada interessant per als conductors de camions o vehicles que realitzen llargues distàncies.

- 4.3.10. **Acció prèvia conductor:** Maniobra duta a terme pel conductor just abans de produir-se el impacte. Segons l'acció o el moviment realitzat, es pot deduir una actitud atenta per part del conductor o no. Exemple: *Frenada, Maniobra evasiva esquerra, Maniobra evasiva dreta, Marxa enrere, etc.*
- 4.3.11. **Factor atenció conductor:** Si el conductor tenia posada l'atenció o no en la circulació moments abans de produir-se l'accident. En el cas de realitzar algun tipus de maniobra evasiva o frenada, o bé fer ús del senyal acústic, denota una actitud atenta quan al conductor en el moments previs a l'accident (*booleana*).
- 4.3.12. **Infracció conductor:** Si el conductor del vehicle implicat, va cometre o no algun delictes de seguretat vial els moments previs a l'accident (*booleana*).
- 4.3.13. **Tipus d'infracció:** Quina classe de falta va cometre el conductor abans de l'accident. Exemple: *Desobeir semàfor, Sense permís de conducció, Velocitat elevada, Maniobra antireglamentària, Alcohol, etc.*
- 4.3.14. **Infracció velocitat:** Si la velocitat que duia el conductor era superior o no a la màxima permesa per la via, en els moments previs a l'atropellament. No es considerarà infracció aquelles velocitats que siguin fins a un 10% superiors a la màxima permesa a la via (*booleana*).
- 4.3.15. **Alcoholèmia:** Grau d'alcohol en mil·ligrams/litre d'aire espirat del conductor.
- 4.3.16. **Drogues:** Número d'estupefaents que havia consumit el conductor anteriorment a produir-se l'accident.
- 4.3.17. **Tipus de tòxic:** Nom dels estupefaents que havia consumit el conductor anteriorment a produir-se l'accident.
- 4.3.18. **Permis de conducció:** Si el conductor disposava o no de permís de conducció en vigor en el moment de l'accident (*booleana*).
- 4.3.19. **Antiguitat permís:** Data en la qual el conductor del vehicle va aconseguir la llicència de conducció.
- 4.3.20. **Punts carnet:** Número de punts del carnet que conservava el conductor implicat en el moment de l'accident
- 4.3.21. **Motiu desplaçament:** Feina, Estudi, Oci o Domicili (*regla de validació*)

4.4. Ocupants

- 4.4.1. **DNI.**
- 4.4.2. **Nom i cognoms.**
- 4.4.3. **Edat.**
- 4.4.4. **Sexe:** Home o Dona (*regla de validació*).
- 4.4.5. **Nacionalitat.**
- 4.4.6. **Província residència.**
- 4.4.7. **Municipi residència.**

4.5. Danys

- 4.5.1. **Intensitat dels danys:** Nuls, Poc Importants, Mitjans Molt Importants o Sinistre Total (*regla de validació*).
- 4.5.2. **Àrea afectada:** En els casos de xocs entre vehicles, superfície en metres quadrats del

vehicle que ha quedat deformada o danyada com a conseqüència del impacte.

- 4.5.3. **Fondària:** En els casos de xocs entre vehicles, el grau de penetració en el vehicle en metres de les deformacions.
- 4.5.4. **Afectació elements estructurals:** Si s'han vist danyats o no en l'accident parts que conformen l'estructura principal del vehicle, com ara el xassís, la direcció, el motor, el tub d'escapament (*booleana*).
- 4.5.5. **Afectació xapa:** Si s'ha vist danyada o no en l'accident la carrosseria del vehicle accident. Sol ser un camp que quasi sempre és afirmatiu, doncs al menor contacte, la xapa acostuma a presentar algun tipus de deformació (*booleana*).
- 4.5.6. **Afectació fars:** (*booleana*).
- 4.5.7. **Afectació parabrises:** (*booleana*).
- 4.5.8. **Afectació retrovisors:** (*booleana*).
- 4.5.9. **Ubicació dels danys:** Localització dels desperfectes ocasionats en el vehicle a causa de l'accident. Exemple: *Part Frontal, Lateral esquerra, Generalitzades, etc.*

4.6. Gravetat Vianant

- 4.6.1. **Projecció vianant:** Si es produeix o no una expulsió del vianant a causa del impacte del vehicle (*booleana*).
- 4.6.2. **Distància de projecció:** Espai en metres que recorre el vianant des de que rep el impacte del vehicle i surt projectat fins que s'atura¹⁹.
- 4.6.3. **Volteig:** Si el vianant dóna voltes o no sobre la superfície del vehicle i surt caient i rodant per impuls del vehicle com a la imatge següent. Aquesta situació es dóna principalment als atropellaments a gran velocitat (*booleana*).
- 4.6.4. **Gravetat:** : Nul, Lleu, Greu, Molt Greu o Defunció (*regla de validació*).

4.7. Lesivitat Vianant

- 4.7.1. **Tipus lesions:** (*regla de validació*)
 - Nul.
 - Cutània: Ferides superficials, erosions, cremades, talls.
 - Musculars: Contusions, elongacions.
 - Articulars: Esquinços, distensions, tendinoses.
 - Òssies: Traumatismes, fractures, fissures.
 - Mortals.
- 4.7.2. **Ubicació lesions:** (*regla de validació*)
 - Extremitats: Braços, mans, dits i peus.
 - Tronc Inferior: Des dels peus fins al maluc.
 - Tronc Superior: Des del maluc fins al coll, excloent braços.
 - Crani: Del coll en amunt.
 - Generalitzades.

¹⁹ Cal tenir present el rang de variació del coeficient de resistència al lliscament d'un cos humà arrossegat. Es tracta d'un camp que permet, a través del model de Searle, calcular la velocitat d'impacte del vehicle en l'atropellament.

4.8. Gravetat Conductor

- 4.8.1. **Accessoris de seguretat:** No és un camp booleà doncs es tracta d'una informació que sovint es desconeix i no apareix en atestats ni informes de la Força Instructora, de manera que el camp buit permet aquesta excepció.
- Sí
 - No
 - (buit): Es desconeix
- 4.8.2. **Tipus d'accessori:** Casc o Cinturó (*regla de validació*).
- 4.8.3. **Gravetat:** Nul, Lleu, Greu, Molt Greu o Defunció (*regla de validació*).

4.9. Lesivitat Conductor

- 4.9.1. **Tipus lesions:** (*regla de validació*)
- Nul.
 - Cutània: Ferides superficials, erosions, cremades, talls.
 - Musculars: Contusions, elongacions.
 - Articulars: Esquinços, distensions, tendinoses.
 - Òssies: Traumatismes, fractures, fissures.
 - Mortals.
- 4.9.2. **Ubicació lesions:** (*regla de validació*)
- Extremitats: Braços, mans, dits i peus.
 - Tronc Inferior: Des dels peus fins al maluc.
 - Tronc Superior: Des del maluc fins al coll, excloent braços.
 - Crani: Del coll en amunt.
 - Generalitzades.

4.10. Gravetat Ocupant

- 4.10.1. **Accessoris de seguretat:** (*booleana*).
- 4.10.2. **Tipus d'accessori:** Casc, Cinturó o Cadireta Infantil (*regla de validació*).
- 4.10.3. **Gravetat:** Nul, Lleu, Greu, Molt Greu o Defunció (*regla de validació*).

4.11. Lesivitat Ocupant(s)

- 4.11.1. **Tipus lesions:** (*regla de validació*).
- Nul.
 - Cutània: Ferides superficials, erosions, cremades, talls.
 - Musculars: Contusions, elongacions.
 - Articulars: Esquinços, distensions, tendinoses.
 - Òssies: Traumatismes, fractures, fissures.
 - Mortals.
- 4.11.2. **Ubicació lesions:** (*regla de validació*)

- Extremitats: Braços, mans, dits i peus.
- Tronc Inferior: Des dels peus fins al maluc.
- Tronc Superior: Des del maluc fins al coll, excloent braços.
- Crani: Del coll en amunt.
- Generalitzades.

12. INVENTARI DE LES VARIABLES CALCULADES RELLEVANTS

12.1. Velocitat inicial del vehicle implicat a l'atropellament

Primer de tot, cal destacar que parlem d'una variable que la Força Instructora també intenta determinar a partir dels seus càlculs i hipòtesis. I que, a la vegada, sol sortir esmentada en les declaracions de les persones implicades, així com dels testimonis de l'accident en qüestió. Però, és clar que la validesa d'aquestes informacions no té un caràcter empíric i pot ser fàcilment falsejada.

Per tant, a l'hora de realitzar el càlcul de la velocitat de circulació del vehicle, s'han de tenir molt en compte altres paràmetres que puguin ajudar a determinar-la amb la major exactitud, generalment a partir de la distància de frenada i la distància post col·lisió del vehicle.

Distància de Frenada

Centrat en el balanç energètic, i sempre tenint present que la velocitat final del vehicle és zero, és a dir, que queda aturat, es calcula a través de la següent fórmula:

$$v = \sqrt{2 \cdot \mu \cdot g \cdot x} \quad (12.1)$$

- x = Espai de frenada (metres).
- μ = Coeficient de fricció: segons la taula de rangs de variació del coeficient de resistència al lliscament per a diferents superfícies. Per a paviments asfàltics secs es sol situar entre 0,55 i 0,7.
- g = acceleració de la gravetat: 9,81 m/s².

De manera que tan sols amb la dada de l'espai de frenada en metres, es pot obtenir la velocitat a la qual circulava el vehicle en m/s.

En el cas que la velocitat final no sigui zero, s'haurà de contemplar a la fórmula el terme corresponent a l'energia cinètica residual del vehicle:

$$v_1 = \sqrt{v_f^2 + 2 \cdot \mu \cdot g \cdot x} \quad (12.2)$$

Distància Post Col·lisió del Vehicle

En aquest cas, s'aplica la fórmula (12.2), centrada en el moviment uniformement desaccelerat. Però en aquest cas, en comptes de partir de l'espai de frenada en metres, es calcula la velocitat de circulació segons la distància, també en metres, que hi ha entre el punt de col·lisió i la posició final del vehicle. També tenint present que el vehicle queda aturat per complet i els diferents coeficients de fricció de la superfície segons la taula de rangs de variació del coeficient de resistència al lliscament per a diferents superfícies.

12.2. Velocitat d'impacte del vehicle implicat a l'atropellament

La velocitat d'impacte, en canvi, necessita de diferents càlculs per a ser determinada correctament. Un dels mètodes de càlcul que se solen emprar més és el comentat en el capítol anterior, que fa referència al Mètode de Searle per al moviment parabòlic.

Tir Parabòlic

Tan sols, tal i com ja s'ha comentat, cal tenir present el coeficient de fricció. Doncs s'ha d'utilitzar el que existia en el moment d'ocórrer l'accident entre el vianant projectat i la superfície del paviment en la qual rebota i llisca, així com la diferència d'altura entre el vehicle i el vianant. Tal com s'ha dit en el paràgraf 11.3.2, el coeficient F, se sol prendre igual a 1,2.

Distància de Frenada

Però, cal esmentar, que no és l'única manera de calcular la velocitat d'impacte, doncs es pot estimar a partir de la frenada i l'energia dissipada pel vehicle, basada en el balanç energètic. En aquest cas, també cal tenir present l'espai que recorre el vehicle des de que comença a frenar, i la velocitat de circulació que duia abans de començar a frenar.

La velocitat en el moment del impacte ve donada pel terme cinètic associat a la velocitat de circulació menys l'energia que ha estat dissipada en el fregament previ a la col·lisió.

$$v_f = \sqrt{v_i^2 - 2 \cdot \mu \cdot g \cdot x} \quad (12.3)$$

- V_f = Velocitat en el moment de la col·lisió en m/s^2
- V_i = Velocitat inicial portada pel vehicle en m/s^2
- $(2 \cdot \mu \cdot g \cdot d) =$ Energia dissipada per l'espai de frenada
 - μ = Coeficient de fricció
 - g = Acceleració de la gravetat: $9,81 m/s^2$
 - x = Espai en metres de frenada

La utilització d'aquesta metodologia assumeix d'entrada l'incertesa en les variables inicials. Per tant, el resultat obtingut mitjançant la fórmula dona valors dintre dels límits d'incertesa definits inicialment (Batista, 2010).

12.3. Velocitat màxima de la via

Es tracta de la velocitat màxima a la qual poden circular els vehicles en un tram d'una via i que es troba establerta en termes administratius. No es tracta d'una limitació física sinó administrativa, tot i que el valor d'aquesta velocitat ha sigut establerta en base a la tipologia, perfil i ubicació de la via per tècnics qualificats per tal de garantir la seguretat dels ocupants dels vehicles, dels ocupants de la resta de vehicle, dels vianants i en general de tots els usuaris de la via. Cada via té assignada una velocitat màxima de circulació, tot i que aquesta velocitat genèrica de la via es pot trobar limitada en trams mitjançant senyalitzacions verticals i/o horitzontals.

12.4. Velocitat màxima d'Evitabilitat

Basada en els mateixos principis i equacions que els apartats anteriors, es pot realitzar un càlcul sobre quina era la velocitat màxima a la qual l'accident es podia haver evitat.

També segueix sent una variable que té present la suma de temps de les tres fases de temps d'evitabilitat, així com el coeficient de fricció de la superfície on es va produir l'accident. A la vegada que va en funció del temps d'exposició de risc per part del vianant. De manera que la velocitat límit d'evitabilitat, sorgirà de la igualació del temps de risc i el temps d'evitabilitat del conductor, poden donar dos possibles resultats:

- Temps de generació de risc del vianant > Temps d'evitabilitat del conductor = Inevitable.
- Temps de generació de risc del vianant < Temps d'evitabilitat del conductor = Evitable.

Així doncs, en aquest cas el que es calcula és a quina velocitat hauria de circular el vehicle per tal de disposar de temps necessari per evitar l'atropellament, a través de la següent expressió:

$$v_e = 3,6 \cdot (t_e - t_r - t_{rm}) \cdot (\mu \cdot g) \quad (12.4)$$

- v_e = Velocitat d'evitabilitat [km/h].
- t_e = Temps d'exposició al risc per part del vianant [s].
- t_r = Temps de reacció del conductor (Taula 7.1 Temps de reacció de les persones en funció de l'edat i el període diari. Font: (Servei Català de Trànsit, 2000).
- t_{rm} = Temps de resposta mecànica (0,25 segons).
- μ = Coeficient de fricció pneumàtic/paviment (en les condicions de l'accident).
- g = acceleració de la gravetat [m/s^2].

Cal esmentar, que un cert nombre de casos donen resultats negatius o zeros. Aquesta excepcionalitat explica tots aquells casos on els atropellaments són completament inevitables.

Això vol dir que era independent la velocitat a la qual circulava el vehicle, ja que l'accident es produiria de totes maneres, degut al mínim temps de frenada disponible pel conductor per evitar-lo.

En aquest sentit, es podrien incloure en atropellaments totalment inevitables, tots aquells accidents en el qual la velocitat màxima d'evitabilitat resulta ser entre 0 i 5 km/h, doncs es tracta de velocitats anormalment reduïdes, i per lògica, gairebé ningú circula entre aquest interval de velocitat en vies urbanes.

De totes maneres, es tracta d'una dada força important per analitzar que una reducció en la velocitat pot comportar una reducció en l'accidentalitat, doncs a menor velocitat, major temps d'evitabilitat.

12.5. Velocitat del vianant

Evidentment aquesta velocitat dependrà de cada vianant i de les seves circumstàncies en el moment de l'accident, per la qual cosa és difícil assignar un valor estàndard. Tot i això, existeix un factor diferenciador fonamental, que és l'edat del vianant.

Així existeixen tot un seguit de taules que surten com a conseqüència de diversos estudis biomecànics, que permeten determinar de forma aproximada la velocitat de circulació del vianant en funció del rang d'edat dintre del qual es trobi i del motiu del desplaçament. Entre els diferents tipus de taules cal remarcar dues, les corresponents a vianants en dinàmica de caminar i la dels vianants en dinàmica de jòguing.

A l'hora d'analitzar el comportament del vianant i, a la vegada, l'evitabilitat de l'accident, s'ha de tenir en compte la distància que recorre el vianant des de que genera la situació de risc, però també la velocitat a la qual creua per la via. Bàsicament per veure i analitzar si el conductor, a partir del temps de reacció d'aquest i del temps de frenada del vehicle, era capaç

d'evitar l'accident.

Així doncs, a partir d'un estudi sobre les velocitats de pas dels vianants, realitzat a San Diego, s'obté la següent taula amb les velocitats en m/s del 15, 50 i 85 percentil de cada mostra de persones, i segons cada grup d'edat.

Taula 12.1 Distribució de la velocitat caminant de persones de diferents edats. S'indiquen velocitats del 15,50 i 85 percentil de cada mostra. Font: "Crosswalk Study, San Diego (1970)".

Edat (anys)	Mostra (nº persones)	Velocitat (m/s)		
		15 %	50 %	85 %
de 5 a 9	26	1,38	1,8	2,37
de 10 a 14	37	1,35	1,65	2,07
de 15 a 19	47	1,44	1,62	2,04
de 20 a 24	65	1,38	1,59	1,83
de 25 a 34	70	1,44	1,59	1,95
de 35 a 44	67	1,32	1,59	1,92
de 45 a 54	73	1,29	1,5	1,71
de 55 a 64	90	1,26	1,44	1,65
+ de 65	67	1,05	1,26	1,44

Durant la tardor de 2000, l'empresa consultora Intra SL va dur a terme un estudi de velocitat dels vianants i va realitzar 5.500 mesuraments de temps d'encreuament en 10 passos de vianants seleccionats amb senyals lluminosos a la ciutat de Barcelona.

La velocitat mitjana de tots els vianants (ajustat a la mitjana representada pels 33.000 vianants comptats) es va calcular a 1,45 m/s (Thorson, 2002).

Taula 12.2 Velocitat mitjana per diferents grups de vianants. Font: “Thorson, 2002”.

	% vianants	Velocitat mitjana
Homes	49,9 %	1,48 m/s
Dones	50,1 %	1,41 m/s
0 – 15 anys	6,2 %	1,58 m/s
16 – 30 anys	39,6 %	1,57 m/s
31 – 60 anys	42,3 %	1,40 m/s
+ 60 anys	12 %	1,16 m/s

A l'estudi efectuat per Ole Thorson, es pot observar que el 50% dels vianants de més de 60 anys no arriben a la velocitat base, fins i tot si saben que no tenen massa temps.

Però, tal i com s'ha comentat anteriorment, molts dels vianants atropellats no creuaven la via caminant, sinó que ho fèiem de manera apressurada i corrent. De manera que també cal tenir present la velocitats dels vianants fent jòguing per tenir una idea del temps de generar la situació de risc, tal i com mostra la següent taula on també s'indiquen les velocitats del 15, 50 i 85 percentil de cada mostra.

Taula 12.3 Distribució de la velocitat d'adults fent jòguing. S'indiquen velocitats del 15, 50 i 85 percentil de cada mostra. Font: “Grait Analysis, Slack Inc.”.

Edat (anys)	Mostra (nº persones)	Velocitat (m/s)		
		15 %	50 %	85 %
20	134	2,76	3,48	4,17
30	204	2,6	3,3	3,75
40	138	2,4	2,85	3,4
50	35	2,4	2,8	3,15
60	30	2,0	2,4	2,7

D'aquesta manera, i sabent la distància en metres inferior i superior recorreguda pel vianant des de que genera la situació de risc fins que és atropellat, així com la velocitat a la qual creuava segons si caminava, corria i la seva edat, es pot determinar el temps inferior i superior en segons en generar la situació de risc.

12.6. Temps d'exposició al risc del vianant previ a l'atropellament

En dinàmica d'atropellaments la situació de risc es genera en el moment en el qual el vianant irromp en la calçada de circulació (en alguns casos aquesta afirmació es pot matisar, tot i això es considera la mateixa com a vàlida en termes generals).

Així doncs, podem definir el temps d'exposició del vianant a la situació de risc com el temps

que transcorre entre que el vianant generà la situació de risc i es produeix l'atropellament. Aquest temps serà de gran importància a l'hora d'avaluar l'evitabilitat d'un accident.

Per avaluar aquest temps es partirà per una banda de la distància recorreguda pel vianant, i per altra de la velocitat de circulació del vianant. Com que la velocitat del vianant depèn de molts factors, s'agafarà un rang de velocitats que serà així mateix dependent de l'edat del vianant (paràmetre principal).

Per altra banda la distància recorreguda pel vianant no sempre es troba exactament definida, per la qual cosa serà així mateix habitual prendre un rang de distàncies. Aquests factors fan que el temps d'exposició a la situació de risc quedi així mateix definit per un interval comprès entre un temps màxim i un temps mínim.

En tots els atropellaments dins la via, el vianant que transcorre per ella genera una situació de risc, i s'exposa a un risc de ser atropellat, principalment si realitza el creuament sense preferència de pas.

Aquest temps d'exposició al risc va en funció de dues variables. En primer lloc, la distància o l'espai en metres que transcorre el vianant des de que irromp en la via i genera la situació de risc fins el punt on es produeix la col·lisió. I en segon terme, la velocitat a la qual transcorre el vianant per la via, en funció de les taules de velocitats de vianants segons l'edat mostrades prèviament.

Pel que fa a la distància de generar la situació de risc per part del vianant, cal destacar que es parteix del moment en el qual el vianant és visible per part del conductor, doncs molts elements apantallants poden modificar aquesta dada.

En la *figura 12.1*, s'observa com en el croquis elaborat per la Força Instructora, el vianant d'aquest cas va irrompre a la via entre elements apantallants (esquerra), en concret entre contenidors. De manera que la distància inferior de generar la situació de risc es troba al voltant de 2 metres, i la superior al voltant de 3.

En canvi, en l'hipotètic cas que hagués aparegut sense elements apantallants (dreta), caldria sumar l'espai d'aquests, i la distància se situaria entorn els 4 i 5 metres, augmentant així el temps de generar la situació de risc.

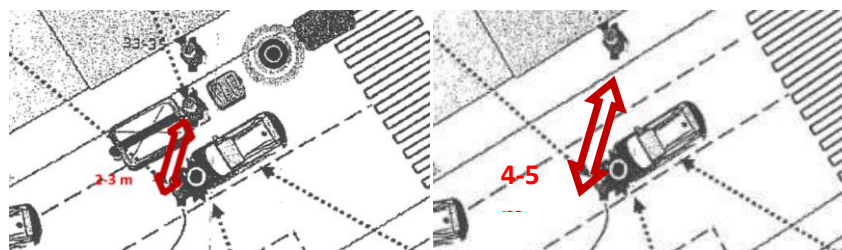


Figura 12.1 Variació en funció d'elements apantallants. Font: "Elaboració pròpia a partir de Atestat de la Policia Local de Manlleu".

Cal esmentar que es pren a partir d'un valor a la baixa i d'un valor a l'alça, perquè es tracta d'una dada que és força complicada d'analitzar, i d'aquesta manera, s'intenta amb aquest rang englobar l'espai que realment va recórrer el vianant. En segon lloc, la velocitat de creuament, tal i com s'ha comentat en l'apartat anterior, anirà en funció de l'edat del vianant i de si ho feia de manera afanyada (taula de jòguing) o no. Per normalitzar la velocitat de creuament del vianant, s'agafa el 15 i 85 percentil de cada grup d'edat.

De manera que un cop determinada la distància inferior i superior de generar la situació de risc, i la velocitat a la qual creuava el vianant, es pot determinar el temps inferior i superior d'exposició al risc del vianant previ a l'atropellament:

$$\text{Temps (segons)} = \frac{\text{Mitjana de la distància inferior i superior recorreguda (metres)}}{\text{Velocitat del vianant del percentil 15 i 85 (metres/segon)}}$$

12.7. Temps de frenada a la velocitat de la via

El temps de frenada d'un vehicle es correspon amb el temps transcorregut entre que el sistema de frenada comença a actuar i el vehicle es deté (la seva velocitat esdevé 0). Aquest temps presenta una dependència directa amb la velocitat inicial de circulació del vehicle.

Per altra banda, les vies disposen d'unes velocitats màximes dels vehicles que es troben establertes en base a les característiques i ubicacions de les vies. La velocitat màxima de circulació de la via no ha de coincidir necessàriament amb la velocitat de circulació del vehicle (de fet en nombrosos accidents es troba una relació entre les causes d'aquest i la circulació del vehicle a una velocitat superior a la permesa en la via).

El temps de frenada a la velocitat de la via serà doncs el temps que necessitaria el vehicle per detenir-se en dinàmica de frenada en el que cas de que aquest circula a la velocitat màxima establerta en la via. Si es dona la circumstància de que la velocitat de circulació del vehicle és diferent de la màxima permesa en la via, el temps de frenada serà necessàriament diferent en tots dos casos, donada la dependència que presenta el temps de frenada amb la velocitat de circulació del vehicle, factor que pot condicionar la evitabilitat de l'accident.

Així doncs un accident pot ser evitable per a un vehicle que circuli als 30 km/h establerts com a màxims per a la via, però pot devenir inevitable si el vehicle circula a una velocitat superior com ara els 50 km/h.

12.8. Evitabilitat de l'atropellament a la velocitat inicial del vehicle

Es tracta fonamentalment d'analitzar si, a partir del temps de la generació de la situació de risc per part del vianant (apartat anterior), el conductor del vehicle disposava o no del temps necessari per evitar l'accident.

Per comprovar si ho podia fer o no, cal tenir presents tota una suma d'interval·s de temps que determinaran de quan temps disposava el conductor per aturar completament el seu vehicle, i veure així si el temps resultant és inferior o superior al temps d'exposició al risc per part del vianant previ a l'accident. La qual cosa determinarà si l'atropellament era o no evitable.

Primer de tot, cal tenir present el temps d'evitabilitat que disposava el conductor del vehicle. Aquest ve donat per la suma de 3 fases o interval·s temps:

- 1ª Fase: Percepció, interpretació del perill i presa de decisió.
 - Temps de percepció: Es tracta del temps consumit en percebre la situació de perill generada pel vianant, és a dir, veure e interpretar l'acció del vianant.
 - Temps de decisió: Es basa en el temps consumit en decidir com actuar davant la situació de risc. Es tracta de la decisió de frenar.
 - Temps d'actuació: Temps consumit en executar l'acció de resposta, és a dir, la frenada.

Aquests tres interval·s venen donats per la taula de temps de reacció, que no és igual per a totes les persones i en tots els entorns, ja que depèn principalment de l'edat i del període de conducció (taula del Institut Català de Seguretat Viària).

- 2ª Fase: Resposta mecànica: Es tracta del temps que necessita el sistema mecànic del vehicle per a bloquejar les rodes. S'estima normalment de l'ordre de **0,25 segons**.
- 3ª Fase: Temps de frenada: En funció de la velocitat que duia el vehicle i del coeficient de fricció de la superfície on es va produir l'accident.

Així doncs, sumant els temps de reacció, el temps de resposta mecànica i el temps de frenada, s'obté un **temps d'evitabilitat** que sí és **superior al temps d'exposició al risc** per part del vianant, voldrà dir que l'**accident** era **inevitable** pel conductor. En canvi, si la suma dóna un temps d'evitabilitat inferior al de generació de risc, es considerarà que el conductor del vehicle sí que disposava de temps necessari per frenar, i així evitar l'accident.

12.9. Evitabilitat de l'atropellament a la velocitat màxima permesa

És equivalent al temps d'evitabilitat a la velocitat de circulació del vehicle, però ara considerant que el vehicle circula a la velocitat màxima de la via, en conte de la velocitat real de circulació del vehicle. Com que la velocitat del vehicle i la velocitat màxima permesa a la via no necessàriament han de coincidir, tots dos temps seran en general diferents.

Aquesta variable segueix exactament els mateixos passos d'anàlisi que l' explicada en l'apartat anterior, amb l'única diferència que la velocitat de circulació s'estipula en la màxima permesa a la via. De manera que el temps de frenada anirà en funció de la velocitat límit permesa i del coeficient de fregament de la via en qüestió.

En la majoria de casos, i al tractar els atropellaments en trams urbans, la velocitat màxima permesa, serà sovint la genèrica per aquest tipus de trams a l'Estat espanyol, és a dir, de 50

km/h, tot i que en menor mesura trobem limitacions de 30 o 20 km/h. Per tal motiu, la formulació respecte el temps de frenada només dependrà del coeficient de fricció:

$$t_{50} = \frac{50}{3,6 \cdot \mu \cdot g} = \frac{1,416}{\mu}$$

$$t_{30} = \frac{30}{3,6 \cdot \mu \cdot g} = \frac{0,849}{\mu}$$

Aquesta variable però, té especial interès per aquells casos en que la velocitat de circulació que duia el vehicle implicat en l'accident, era superior a la màxima permesa a la via, i, en aquell cas, el conductor no va poder evitar l'accident a aquella velocitat inicial.

Amb aquest càlcul, es pot comprovar el condicional referent a què hagués succeït si el conductor hagués circulat a la velocitat màxima límit en el moment previ a l'accident. És a dir, si desplaçant-se a la velocitat màxima permesa, el conductor hauria pogut evitar l'accident o no.

Es tracta doncs, d'un camp força útil per analitzar una possible infracció de velocitat del conductor en l'accident, ja que la majoria de casos en els quals aquesta variable booleana és positiva, fan referència a una infracció de velocitat per part del conductor, ja que d'haver reduït la velocitat al límit permès, segurament hauria pogut evitar l'accident.

12.10. Posició del vehicle en el moment de generació de la situació de risc

Quan un vianant genera una situació de risc (situació que normalment es correspon amb l'instant en el qual el vianant penetra en la calçada), el vehicle susceptible de participar en l'atropellament es troba circulant per la via a una certa velocitat i a una certa distància del punt on finalment es produeix l'atropellament.

Així doncs, la posició del vehicle en el moment en el qual el vianant genera la situació de risc, vindrà donada pel temps transcorregut entre la generació del risc i l'atropellament i per la velocitat de circulació del vehicle. A l'hora d'avaluar aquesta distància s'haurà de considerar l'estat dinàmic del vehicle (si es troba en dinàmica de circulació a velocitat uniforme o, per contra, si es mou amb dinàmica de frenada), així com identificar en quin moment el vehicle canvia d'una dinàmica a l'altra.

Com que la posició del vehicle en el moment de la generació del risc, depèn del temps d'exposició a la situació de risc per part del vianant, i aquest oscil·la entre valor màxim i un valor mínim, la posició del vehicle quedarà així mateix definida dintre d'un rang comprès entre dos valors.

12.11. Posició del vehicle en el moment d'inici de la maniobra de creuament del vianant

Les vies on es produeixen els accidents, presenten diferents perfils, amplades i nombre de carrils (factors que queden descrits a la base de dades efectuada). En aquest sentit, en el moment en el qual el vianant genera la situació de risc penetrant en la calçada, el vehicle es troba a una determinada posició a l'interior de la calçada i en concret a un determinat carril de la mateixa. La posició i el carril del vehicle en el moment en el qual el vianant irromp en la via és el que definim com a posició del vehicle en el moment d'inici de la maniobra de creuament del vianant.

Posició del vehicle en el moment del impacte

En un percentatge molt elevat que ha estat analitzat al nostre estudi, els atropellaments es produeixen a l'interior de la calçada. En el moment de produir-se el contacte entre el vehicle i el vianant, tots dos es troben ocupant una certa posició al interior de la via que és el que definim com a la posició del vehicle en el moment de l'impacte.

Cal fer notar, que aquesta posició, no es correspon necessàriament amb la posició que ocupava el vehicle en el moment en el qual el vianant inicia la maniobra de creuament.

Aquesta situació pot ser deguda a dues circumstàncies. La primera, a que el vehicle hagi variat la seva posició per la situació del trànsit o per una maniobra posterior que pretenia efectuar. I la segona, pot ser la més comuna, a que el conductor del vehicle en percebre la presència del vianant, hagi iniciat una maniobra evasiva de desplaçament lateral tendent a evitar l'accident.

12.12. Descens de la lesivitat a velocitats inferiors a la màxima permesa

Al llarg de la introducció de la base d'estudi, s'han pogut analitzar tota una sèrie de lesivitats als vianants de diversa intensitat i gravetat. Aquesta gravetat ha vingut determinada i associada fonamentalment a la velocitat que duia el conductor del vehicle implicat en l'atropellament. Cal esmentar, primer de tot, que les lesions sofertes en un atropellament venen donades per l'escala AIS (Abreviated Injure Scale), que classifica les lesions segons la seva gravetat.

L'escala AIS és un sistema de puntuació de gravetat global que classifica cada lesió per regió del cos en funció de la seva importància relativa en una escala ordinal de 6 punts (1 = menor i 6 = màxima – mort) (AAAM, 2011).

L'AIS proporciona una terminologia normalitzada per descriure les lesions i ferides classificades segons la gravetat. Els usuaris de l'escala AIS inclouen organitzacions de salut

d'atenció de traumatologia clínica, avaluació de resultats i per als investigadors de l'accident de vehicle de motor per identificar mecanismes de lesió i millorar el disseny de vehicles, i els investigadors dels estudis epidemiològics i de desenvolupament de sistemes, la qual cosa pot influir en públic política (lleis i reglaments).

El terme AIS es podria traduir com l'escala abreujada de lesió, que es va publicar per primera vegada en 1971. Des de llavors, ha sofert diverses modificacions, des de la versió de 1985, 1990, 1998, 2005 i finalment 2008 (Gálvez, 2011). Per major simplicitat es presenta la AIS 85, ja que és a la qual es fa referència en aquest apartat.

Es tracta bàsicament d'un sistema de classificació de les lesions traumàtiques en set categories, a les quals se'ls assigna un nombre enter entre 0 i 6, corresponent els valors més elevats a les lesions més severes. En la taula s'indica el significat donat a cadascun dels nombres AIS. Els valors de l'última columna indiquen el rang de fatalitat associat a cada valor AIS, basats en estudis sobre víctimes d'accidents de trànsit (Campón, 2008).

Taula 12.1 Correspondència entre els nivells de l'escala AIS, la seva severitat i seva fatalitat. Font: "Mizumo, 2005".

AIS	Severitat	Fatalitat
0	Ninguna	
1	Menor	0.0
2	Moderada	0.1 – 0.4
3	Seria	0.8 – 2.1
4	Severa	7.9 – 10.6
5	Crítica	53.1 – 58.4
6	Màxima lesió (virtualment sense possibilitats de supervivència)	100

A continuació, es mostren exemples d'índexs de severitat AIS assignats a les lesions més freqüents.

Taula 12.2 Exemples de lesions segons el seu nivell en l'escala AIS. Font: "Campón, 2008".

AIS 85	Cap	Tòrax	Abdomen i contingut de la pelvis	Columna	Extremitats i os de la pelvis
1	Dolor de cap o marejos	Fractura d'una costella	Tall superficial de paret abdominal	Esquinç local, sense fractura ni dislocació	Fractura de dit del peu
2	Inconsciència menys de 1 hora; fractura lineal	Fractura de 2 o 3 costelles; fractura d'estèrnum	Tall o contusió de fetge, melsa o ronyó	Fractura menor sense dany a la medul·la	Fractura simple de tibia, peroné o pelvis
3	Inconsciència de 1 a 6 hores; fractura interna	Fractura de 4 o més costelles, 2 o 3 costelles fractures i hemo o pneumotòrax	Tall sever a melsa o ronyó	Disc fracturat amb danys a l'arrel del nervi	Dislocació de genoll, fractura de fèmur
4	Inconsciència de 6 a 24 hores; fractura oberta	Fractura de 4 o més costelles amb hemo o pneumotòrax	Tall sever al fetge	Trencament parcial de medul·la	Amputació o fractura múltiple per sobre el genoll (tancada)
5	Inconsciència més de 24 hores; gran hematoma (100cc)	Tall parcial de l'aorta	Trencament de ronyó, fetge o còlon	Quadriplegia	Fractura múltiple de pelvis (oberta)

A la vegada, a cada índex lesiu AIS ve caracteritzat o li corresponen unes lesions determinades. Aquestes especifiquen la zona del cos on es produeix la lesió, i segons l'escala AIS, la gravetat de les lesions serà menor o major.

Al mateix temps, trobem estudis que correlacionen la velocitat amb el risc de morir en un atropellament. Com es pot veure en la següent figura comparativa entre els diversos estudis que han relacionat la velocitat de l'impacte amb el risc de mort del vianant, hi ha una certa diversitat en el pendent de la corba, és a dir, en quina és la possibilitat de patir un accident mortal en funció de la velocitat.

Es pot comprovar la incidència que té la velocitat en la mortalitat dels vianants en atropellaments. Indica la probabilitat de defunció per atropellament a segons quines velocitats.

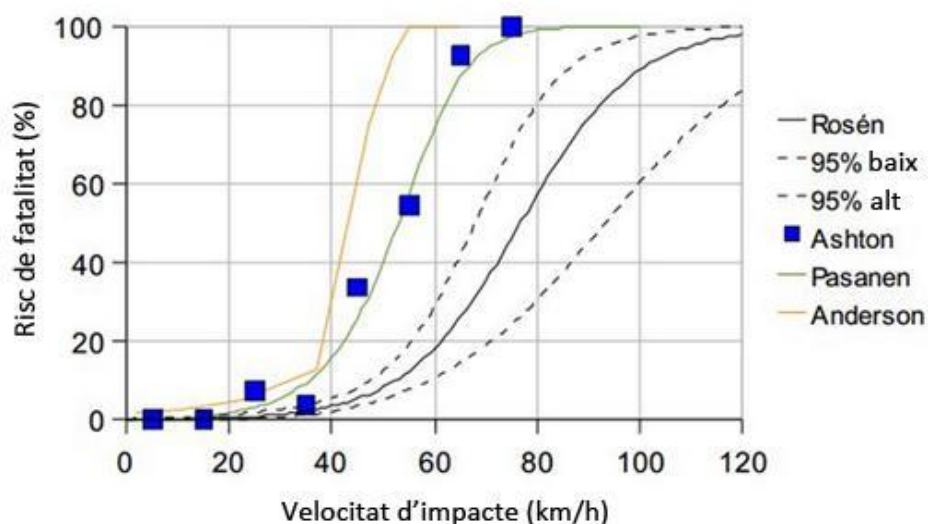


Figura 12.4 Relació entre velocitat i mortalitat en atropellaments. Font: "Xarxa Mobal, 2010".

Aquesta diversitat es deu a factors metodològics que han tingut en compte els diversos autors, però tots ells coincideixen en dos aspectes:

- A menys de 30 km/h, el risc de patir un accident de trànsit mortal per part d'un vianant és inferior al 10%.
- A partir de 30 km/h, el risc de patir un accident mortal per part dels vianants creix exponencialment. Cada autor mostra una corba amb pendents diferents però tots mostren un increment exponencial a partir d'aquesta velocitat.

D'aquestes dades se n'extreu una conclusió evident, la velocitat és un element clau en la lesivitat dels accidents de trànsit on s'hi veuen involucrats vianants i, a més a més, s'evidencia que el límit de velocitat a 30 km/h és el que determina la seguretat per als vianants. És a dir, més enllà d'aquesta velocitat, s'incrementa molt el risc de lesions greus i mort en cas d'atropellament. Per aquest motiu, una de les principals accions en matèria de seguretat viària en l'àmbit urbà és reduir la velocitat de la circulació fins als 30 km/h.

Qualsevol consideració de reducció de velocitats ha d'incloure una avaluació dels costos, així com els beneficis que raonablement es poden esperar que siguin molt grans en termes de reducció de les pèrdues econòmiques per mort i lesions. Els estalvis també podrien derivar-se de la reducció del consum de combustible i la reducció de danys a la propietat (McLean, 1994).

La reducció del límit de velocitat a les carreteres principals augmentaria els temps de viatge, però l'augment seria considerablement menor que un simple càlcul de la distància i la velocitat màxima de desplaçament indicada.

Això és perquè el flux de trànsit urbà en una ciutat està regulat principalment pels senyals de trànsit i el temps dedicat a una senyal estacionària és poc probable que canviï, suposant que el control d'ordinador dels senyals d'enllaços s'ajusta per permetre la velocitat de desplaçament màxima més baixa. La tasca dels conductors que tracten de creuar les carreteres arterials és més fàcil, i per tant més segura, per una reducció en viatjar velocitats a les carreteres i de la gravetat de qualsevol col·lisió resultant es redueix en gran mesura.

13. ANÀLISI METODOLÒGIC DE LA VARIABLE EVITABILITAT

13.1. Presentació del concepte evitabilitat

La capacitat endògena que té un subjecte-conductor, condicionada per les possibilitats exògenes d'un entorn determinat, convergeixen en l'intent d'elusió de la col·lisió entre un vehicle a motor i un vianant exposat al risc.

El concepte evitabilitat no està acceptat per la Real Acadèmia de la Llengua Espanyola, els termes més similars serien evitar, evitable, inevitable i inevitabilitat.

En el cas del terme que encunyem, "evitabilitat" (substantiu), entenem que és la qualitat de evitable (adjectiu) i encara que no estigui inclòs en el DRAE, la seva forma i fons són perfectament entenedors.

En l'àmbit de la Reconstrucció d'Accidents de Trànsit, és un concepte ple de significat i és utilitzat ampliament: Enginyers, Físics, matemàtics i també jutges, fiscals i advocats.

El terme evitabilitat en l'àmbit d'aquesta tesi, defineix la potencialitat del subjecte conductor, per eludir el contacte entre un vehicle de tracció mecànica i un vianant exposat al risc, que es deriva de la interacció entre:

- Les posicions relatives i velocitat de desplaçament prèvies de vianant i vehicle.
- La capacitat perceptiva i reactiva del conductor.
- Les circumstàncies ambientals de l'entorn.

Per calcular l'evitabilitat es realitza una anàlisi del temps, distància, itinerari i posició inicial de l'exposició al risc suportada pel vianant; de la velocitat inicial, màxima teòrica i límit de la via desenvolupada pel vehicle; del temps de reacció del conductor i la influència de l'entorn; i la interrelació de les posicions inicials de vianant i vehicle respecte a l'eix transversal de la calçada.

13.2. Utilitat de la definició del concepte evitabilitat

La definició categoritzada per variables, de la capacitat d'un conductor per eludir un

atropellament en zona urbana té una utilitat evident: permet conèixer la influència com a variable aïllada de la velocitat inicial del vehicle i el pes exercit per la velocitat límit de la via, en la incapacitat per evitar un accident.

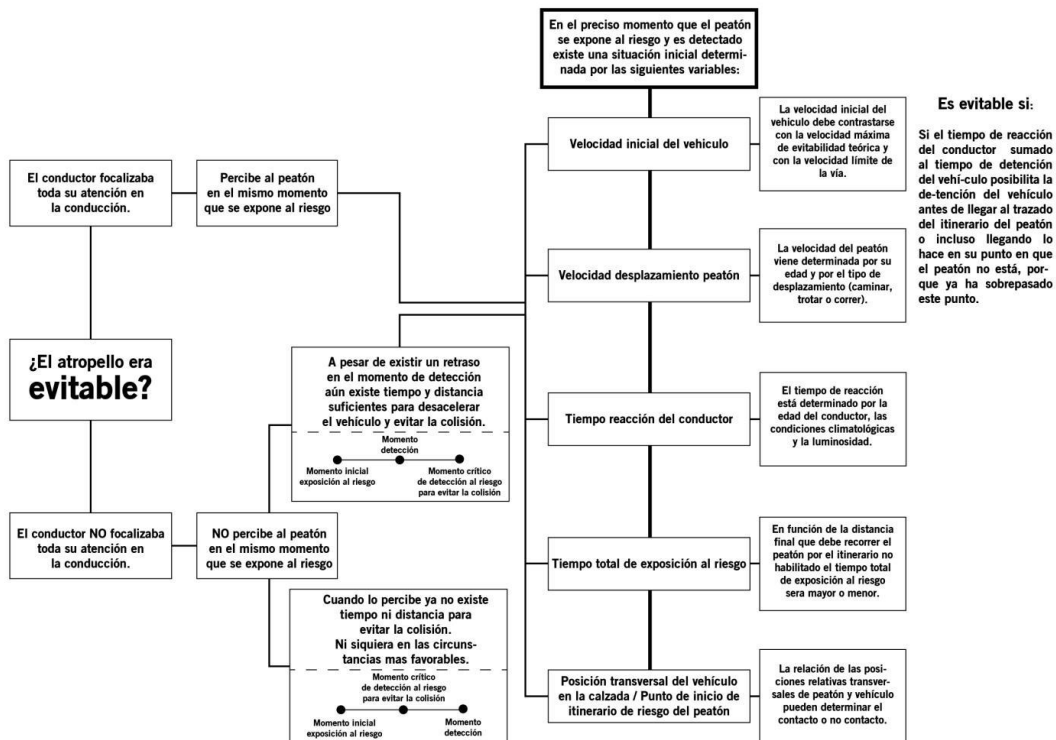
Totes dues, velocitat inicial del vehicle i velocitat límit de la via, poden ser modificades per polítiques públiques per part dels gestors tècnics i responsables polítics, i incidir directament sobre l'evitabilitat dels atropellaments en zona urbana.

13.3. Diagrama: representació gràfica inter-connexió variables

El primer factor que proposem com a significatiu, és la focalització de l'atenció del conductor en la conducció, aquest factor sense ser definitiu, és molt determinant de l'evitabilitat potencial de l'atropellament.

Posteriorment s'ha realitzat l'esforç de definir i interrelacionar totes les variables rellevants que determinen la situació inicial de l'exposició al risc del vianant.

Aquest diagrama resultarà d'utilitat per a seleccionar i classificar tota la informació que es deriva de la investigació d'un atropellament, amb l'objectiu de determinar si era o no evitable des del moment inicial d'exposició al risc del vianant.



Font: Elaboració pròpia

13.4. Definició categòrica i integració de variables

Per definir si el subjecte conductor, disposava de la capacitat endògena i la possibilitat exògena, per eludir el contacte entre el seu vehicle a motor i un vianant exposat al risc, s'ha d'atendre a tot un seguit de variables condicionants:

Variables endògenes:

- El conductor SI / NO focalitzava tota la seva atenció en la conducció.
- El conductor SI percep al vianant en el moment inicial del risc.
- El conductor NO Percep al vianant en moment inicial del risc però hi ha temps per evitar-ho.
- El conductor NO Percep al vianant moment inicial del risc i ja no hi ha temps per evitar-ho.
- Temps de reacció del conductor (Edat i condicions psicofísiques individuals).

Variables exògenes:

- Velocitat inicial del vehicle.
- Velocitat desplaçament del vianant.
- Temps total d'exposició al risc.
- Posició transversal del vehicle a la calçada.
- Punt d'inici de l'itinerari de risc del vianant.
- Temps de reacció del conductor (Lluminositat i climatologia).
- Multi-estímuls entorn: resta d'usuaris de la via, mobiliari urbà, senyalització, obres, etc.

El terme evitabilitat doncs, intenta definir la potencialitat del subjecte conductor, per eludir el contacte entre un vehicle a motor i un vianant exposat al risc, que es deriva de la interacció entre:

- El grau de concentració del conductor.
- La capacitat perceptiva i reactiva del conductor.
- Les posicions relatives i velocitat de desplaçament prèvies de vianant i vehicle.
- Les circumstàncies ambientals de l'entorn.

L'evitabilitat és un concepte complex la definició depèn de l'anàlisi de nombroses variables i les seves interrelacions: la concentració del conductor en el moment inicial del risc i del seu temps de reacció i la influència rebuda de l'entorn; el temps, distància, itinerari i posició inicial de l'exposició al risc suportada pel vianant; la velocitat inicial, màxima teòrica i límit

de la via desenvolupada pel vehicle; la velocitat de marxa del vianant, i la interrelació de les posicions inicials de vianant i vehicle respecte a l'eix transversal de la calçada.

13.5. Evitabilitat: traspàs de variable booleana a variable contínua

La concessió d'un caràcter booleà a la variable evitabilitat, és encertada ja que la seva condició és evitable o no és evitable. Tot i així sembla molt més interessant, treballar amb un índex continu (no discret) sobre l'evitabilitat, eludint prescindir o diluir informació en l'anàlisi estadística.

Un accident pot ser no evitable i estar prop de ser evitable, però la variable booleana no fa distincions, per tant considerem més precís en el moment de realitzar anàlisis de regressió, treballar en una unitat de caràcter continu i no discret (booleà).

Operant d'aquesta manera, conservem la informació de la llunyania o el prop que s'ha estat de l'evitabilitat.

Un cop extret el model, llavors si es pot tornar a atorgar la condició de caràcter booleana a la variable i plasmar-ho en la interpretació o corol·lari final.

Es proposa l'índex d'evitabilitat: IEV (%).

$$IEV = 100 \times ET / TSR_{mitjà} = \text{temps d'evitabilitat} / \text{temps situació de RISC mitjà}.$$

Si l'índex és superior a 100 ($IEV > 100$): inevitable.

Si l'índex és inferior a 100 ($IEV < 100$): evitable.

Com que es consideren dues velocitats (real i màxima de la via, es defineixen dos índex:

Índex de evitabilitat a velocitat del vehicle (o real):

$$IEV_{vel\ veh} = 100 \times TE_{vel\ veh} / TSR_{mitjà}$$

$$IEV_{vel\ veh} = 100 \times (F+G+0,25) / TSR_{mitjà}$$

Índex de evitabilitat a velocitat màxima de la via:

$$IEV_{vel\ max} = 100 \times TE_{vel\ max} / TSR_{mitjà}$$

$$IEV_{vel\ max} = 100 \times (F+H+0,25) / TSR_{mitjà}$$

14. MODEL ESTADÍSTIC EXPLICATIU DEL CONCEPTE D'EVITABILITAT EN ELS ATROPELLAMENTS DE PEATONS A ZONA URBANA

14.1. Objectiu del model

L'objectiu d'aquesta recerca és presentar l'exploració, l'anàlisi i els resultats d'un model estadístic per explicar diferents aspectes relacionats amb el concepte d'Evitabilitat dels atropellaments a vianants en zona urbana a partir d'un conjunt de variables explicatives, contingudes en una base de dades relativa a casos d'accidents on han participat vianants.

14.1.1. Variables a explicar. Les mesures relatives a l'Evitabilitat

La modelització de la Evitabilitat es farà, concretament per tres mesures específiques relatives a aquest concepte. Aquestes mesures queden determinades per tres variables que són: Evitabilitat, Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle i Índex d'Evitabilitat a Velocitat Màxima Permesa.

- Evitabilitat: És una variable dicotòmica on el esdeveniment que pren el valor 1 indica que l'atropellament era evitable sigui a la velocitat que portava el vehicle o a la velocitat màxima permesa.
- Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle: Variable quantificada en percentatge que pren valors més grans a zero i que, en certa forma, mesura el percentatge de temps que el vehicle necessita consumir a la velocitat que porta per aturar el vehicle respecte el que queda per tal d'evitar l'atropellament. Per això, valors més petits de 100% indiquen que l'esdeveniment era evitable i valors superiors a 100% que no ho era.
- Índex d'Evitabilitat a Velocitat Màxima Permesa: Variable similar a l'anterior però considerant la Velocitat Màxima Permesa.

14.1.2. Les variables explicatives

Per explicar les mesures relatives a l'Evitabilitat, en tots els casos, s'utilitzaran les 6 variables proposades:

- Velocitat de Circulació Inicial del Vehicle
- Velocitat Màxima Permesa
- Temps d'Exposició Risc del Vianant.
- Velocitat Màxima d'Evitabilitat.
- Velocitat Desplaçament del Vianant.
- Temps de Reacció del Conductor.

14.1.3. Els models estadístics

El models estadístics escollits depenen del tipus de variable a explicar.

Per la variable Evitabilitat, al ser de tipus dicotòmic (0/1), s'utilitzarà un model de regressió logística que permetrà explicar l'efecte que té cadascuna de les variables explicatives sobre la variable resposta (Evitabilitat).

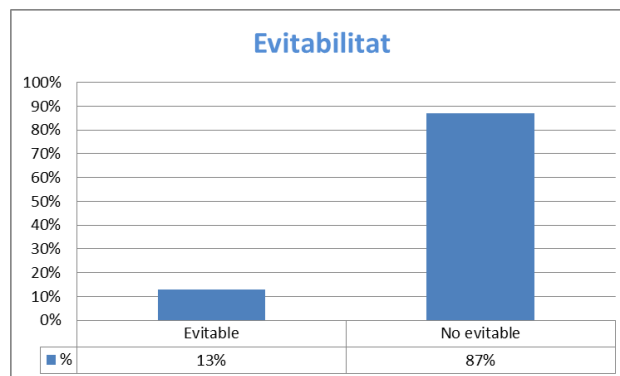
En canvi, per les altres dues variables a explicar, els Índex d'Evitabilitat, s'utilitzaran models de regressió lineal múltiple capaços de modelitzar variables numèriques contínues en la resposta tal com són les variables a modelitzar.

En quant a la significació estadística s'ha considerat que per tots els test un p-valor inferior al 5% ($P\text{-valor} < 0.05$) indicarà significació estadística i un p-valor superior al 5% indicarà que l'observa't por ser degut a l'atzar.

14.2. EXPLORACIÓ DE LES VARIABLES DEL MODEL

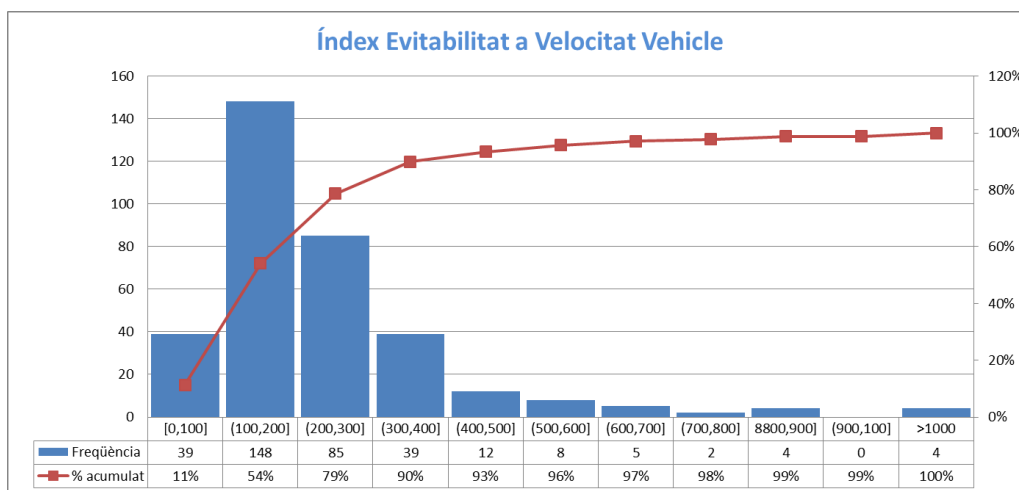
14.2.1. Evitabilitat

Hi ha un 13% d'accidents evitables y la resta no evitables (87%)



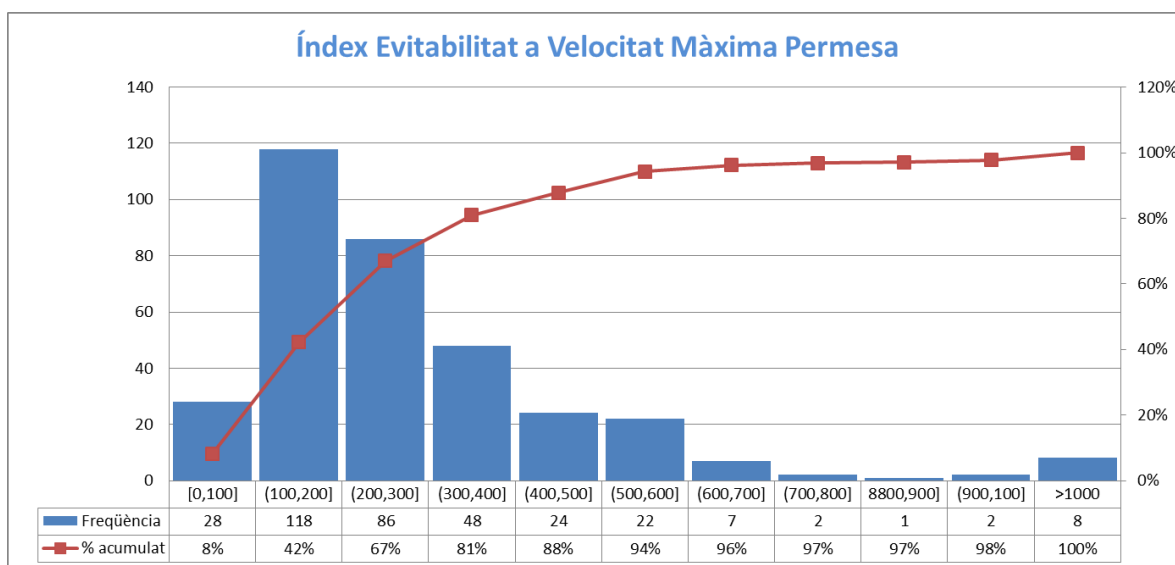
14.2.2. Índex d'evitabilitat a velocitat vehicle

En el següent gràfic es visualitza com es distribueix la freqüència de casos pels diferents % de l'índex d'evitabilitat a velocitat vehicle i el % d'acumulats. Veiem que fins a un Índex de 100 hi ha 39 casos que són els evitables a velocitat vehicle. Hi ha un 54% dels casos que tenen Índex d'Evitabilitat inferior a 200.



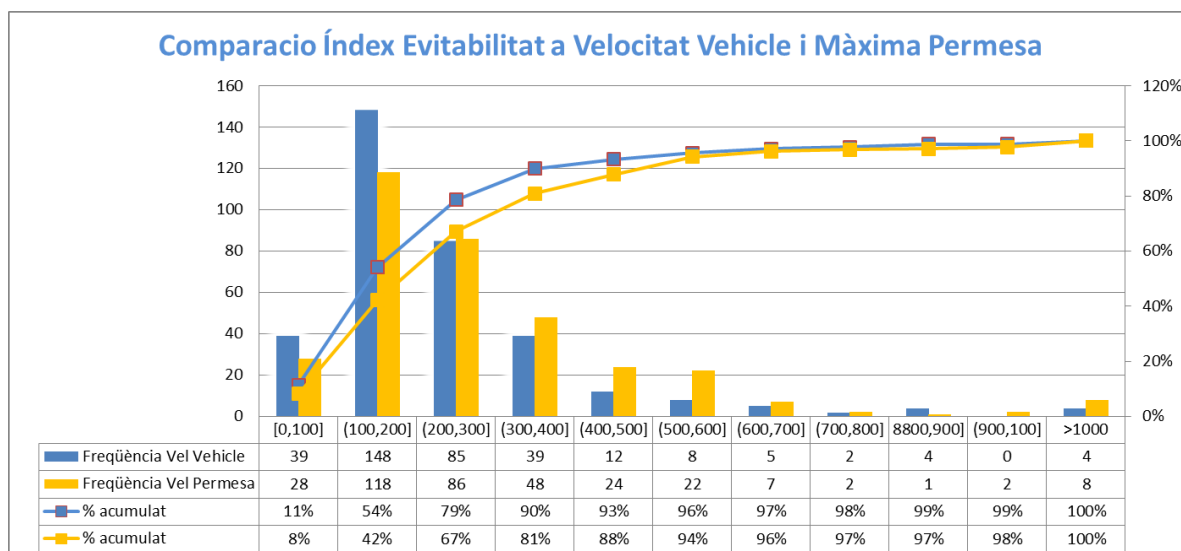
14.2.3. Índex d'evitabilitat a velocitat màxima permesa

En el següent gràfic es visualitza com es distribueix la freqüència de casos pels diferents % de l'índex d'evitabilitat a velocitat màxima permesa i el % d'acumulats.



Veiem també que fins a un Índex de 100 hi ha 28 casos que són els evitables a velocitat màxima permesa. Hi ha un 42% dels casos que tenen Índex d'Evitabilitat inferior 200.

A continuació un gràfic per comparar els dos índexs:



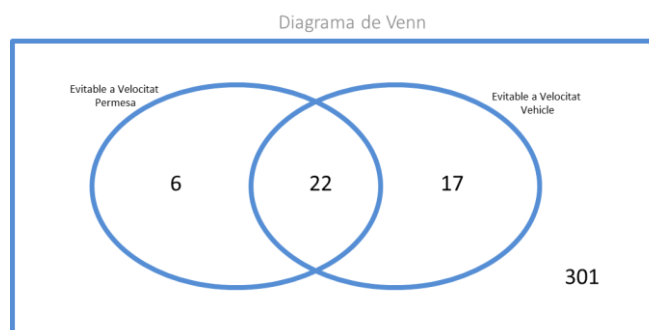
Mostrem també la taula de contingència per visualitzar els creuaments:

Tabla de contingencia Evitabilitat Velocitat Vehicle ^ Evitabilitat Velocitat Màxima Permesa

Recuento		Evitabilitat Velocitat Màxima Permesa		Total
		No	Si	
Evitabilitat Velocitat Vehicle	No	301	6	307
	Si	17	22	39
Total		318	28	346

Hi ha 307 casos NO evitables a la velocitat que portava el vehicle i d'aquests 307, 301 tampoc eren evitables a la velocitat màxima permesa mentre que 6 casos eren evitables a velocitat màxima permesa.

Hi ha 318 casos NO evitables a la velocitat màxima permesa i d'aquests 318, 301 tampoc eren evitables a la velocitat del vehicle mentre que 17 casos eren evitables a velocitat del vehicle.



14.2.4. Les variables explicatives

Breu resum estadístic: Excepte la Velocitat Permesa (que també es pot considerar categòrica) totes les variables són contínues.

Estadístics descriptius

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Velocitat Circulació Vehicle	346	4	114	38,43	18,305
Velocitat Màxima Permesa	346	10	90	49,03	6,681
Temps Situació Risc	346	,1500	6,6000	1,793064	1,0944105
Velocitat Màxima d'Evitabilitat	346	0	116	14,47	21,520
Velocitat Vianant	346	,5560	5,0000	1,596289	,6357116
Temps Reacció Conductor	346	,5000	2,5000	1,175723	,4729067
N vàlido (según lista)	346				

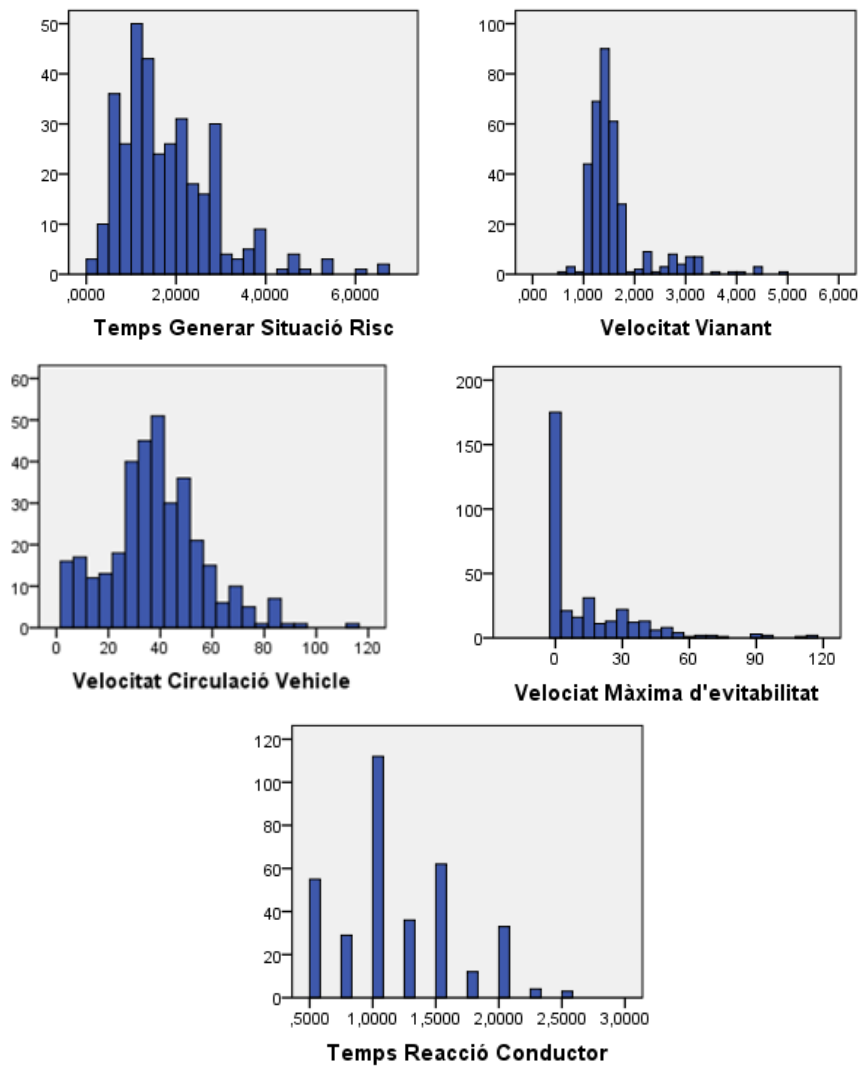
La mitjana dels vehicles que atropellen a un vianant es de 38.4km/h, mentre la mitjana de la velocitat màxima d'evitabilitat es de 14,47 km/h. Es un diferència molt elevada.

En el 87% dels atropellaments la velocitat màxima permesa és de 50km/h.

Velocitat Màxima Permesa

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 10	1	,3	,3	,3
20	3	,9	,9	1,2
30	9	2,6	2,6	3,8
40	21	6,1	6,1	9,8
45	1	,3	,3	10,1
50	303	87,3	87,6	97,7
60	3	,9	,9	98,6
70	1	,3	,3	98,8
80	2	,6	,6	99,4
90	2	,6	,6	100,0
Total	346	99,7	100,0	
Perdidos Sistema	1	,3		
Total	347	100,0		

Per completar amb més detall aquestes variables explicatives, a continuació, es mostren els seus histogrames en el cas de les variables contínues.



14.3. Primer model: model per l'índex d'evitabilitat a velocitat vehicle

14.3.1. Exploració de la relació bivariant previ al model multivariant

Hi ha dos aspectes importants respecte la relació de cada variable explicativa amb una variable resposta.

- Quantificar aquesta relació lineal amb el coeficient de correlació i la seva significació (p-valor).
- Confirmar la relació lineal a partir de la visualització (només el coeficient de correlació pot portar a engany).
- La visualització també pot ajudar a esclarir si val la pena fer una transformació de les variables (la més típica és la logarítmica).

Correlations

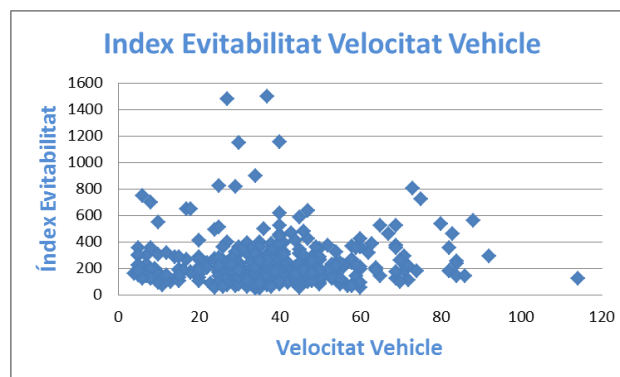
	Velocitat Circulació Vehicle	Velocitat Màxima Permessa	Temps Situació Risc	Velocitat Màxima d'Evitabilitat	Velocitat Vianant	Temps Reacció Conductor
Índex Evitabilitat Velocitat Vehicle	,022	,012	-,604	-,461	,339	,091
	,681	,820	,000	,000	,000	,092

Respecte la quantificació de la relació lineal observem, a partir de les correlacions, que l'Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle correlaciona de forma significativa amb Temps de Situació de Risc, Velocitat Màxima d'Evitabilitat i Velocitat Vianant. Amb les variables Velocitat Circulació Vehicle, Velocitat Màxima Permessa i Temps Reacció Conductor no sembla que hi hagi relació lineal (p-valor gran).

Ara caldrà visualitzar aquestes relacions i confirmar el que hem quantificat. I, posteriorment veurem que es pot explicar molt millor el logaritme de l'Índex d'Evitabilitat que el propi Índex.

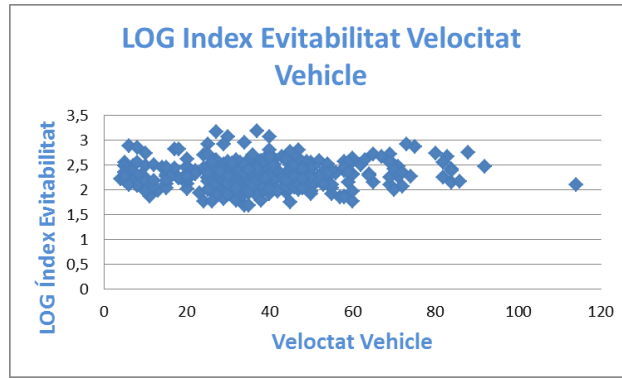
Velocitat de Circulació Inicial del Vehicle

$$r = 0.022 \quad R^2 \rightarrow 0.048\% \quad p\text{-valor} = 0.681$$



Relació lineal positiva molt dèbil i no significativa. Explicaria un 0,048% de l'Índex d'Evitabilitat. De fet ja es veu que per qualsevol valor de la velocitat vehicle trobem pràcticament el mateix rang de valors de l'índex d'evitabilitat.

Veient el gràfic pot ser que millorem la relació transformant l'Índex pel logaritme ja que la dispersió varia en funció del valor de Velocitat Vehicle.



Efectivament la relació millora encara que continua sent no significativa.

$$r = 0.038 \quad R^2 \rightarrow 0.14\% \quad p\text{-valor} = 0.477$$

Veiem ara com queden les demés correlacions al transformar la variable resposta pel logaritme.

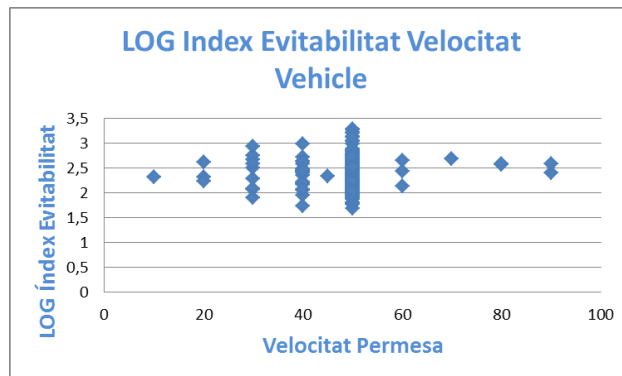
Correlations

	Velocitat Circulació Vehicle	Velocitat Màxima Permesa	Temps Situació Risc	Velocitat Màxima d'Evitabilitat	Velocitat Vianant	Temps Reacció Conductor
LOG Index Evitabilitat	,038	,025	-,802	-,719	,298	,148
Velocitat Vehicle	,477	,639	,000	,000	,000	,006

Pel que veurem després al comprovar els supòsits de la tècnica, convé, a partir d'ara, considerar la variable resposta en forma logarítmica.

Velocitat Màxima Permesa

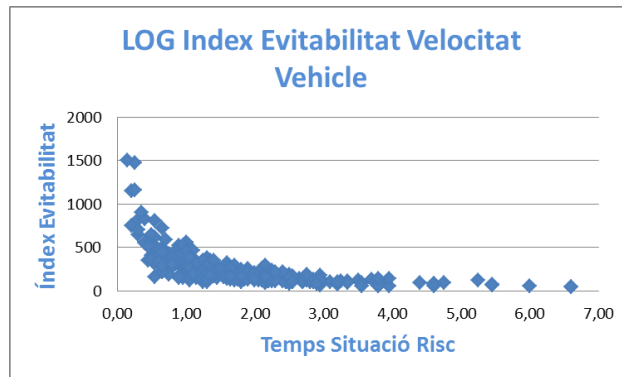
$$r = 0.025 \quad R^2 \rightarrow 0.062\% \quad p\text{-valor} = 0.639$$



Relació lineal positiva molt débil i no significativa. Explicaria un 0,062% de l'Índex d'Evitabilitat.

Temps Generar Situació de Risc

$$r = -0.802 \quad R^2 \rightarrow 64\% \quad p\text{-valor} = 0.000$$

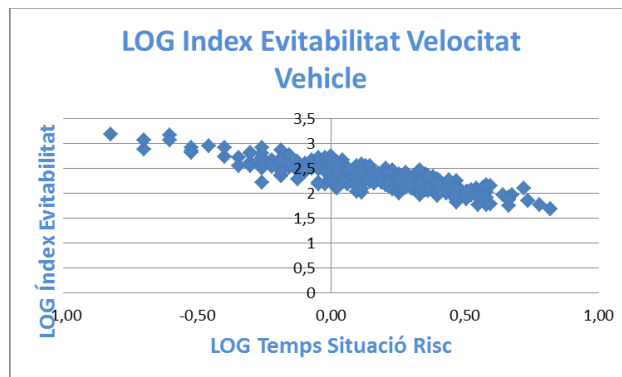


Relació lineal negativa molt forta i significativa. A més Temps Situació Risc menys Índex d'Evitabilitat. Explica un 64% de l'Índex d'Evitabilitat.

En aquest cas cal comentar dos aspectes.

Tal com es veu al gràfic, és clar que aquesta relació es pot linealitzar encara més prenent logaritme a la variable explicativa TGSR. Si ho fem obtenim:

$$r = -0.872 \quad R^2 \rightarrow 76\% \quad p\text{-valor} = 0.000$$



Relació lineal negativa molt forta i significativa. Explicaria un 76% de l'Índex d'Evitabilitat.

També convé indicar que aquesta relació que hem obtingut és esperable ja que forma part de la mateixa fórmula per definir l'índex. Sent curiosos cal pensar en si es pot utilitzar aquesta variable per explicar l'índex. Fixem-nos com en la pròpia definició de l'índex (si el prenem en logaritme) apareix la relació lineal amb el logaritme del Temps Mitjà Situació de Risc.

$$IE = \frac{TE}{TMSR} \times 100 \mapsto$$

$$\text{Log}(IE) = \text{Log}\left(\frac{TE}{TMSR} \times 100\right)$$

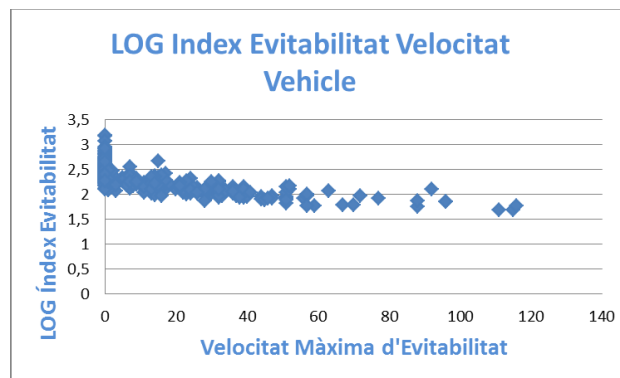
$$\text{Log}(IE) = \text{Log}(100) + \text{Log}(TE) - \text{Log}(TMSR)$$

De totes formes, és interessant ressaltar que el fet de que el Temps de Generació de Situació Risc expliqui tant de l'Índex d'Evitabilitat indica que pràcticament és suficient per predir l'Índex. Això indica que no cal el Temps Màxim d'Evitabilitat.

L'explicació d'aquest fet està motivada perquè molts atropellaments en zona urbana es produeixen de manera immediata, en un interval de temps inferior al propi temps de reacció del conductor. Quant més temps d'exposició al risc experimenta un vianant, més temps té un conductor per desenvolupar una maniobra evasiva.

Velocitat Màxima d'Evitabilitat

$$r = -0.719 \quad R^2 \rightarrow 51.7\% \quad p\text{-valor} = 0.000$$

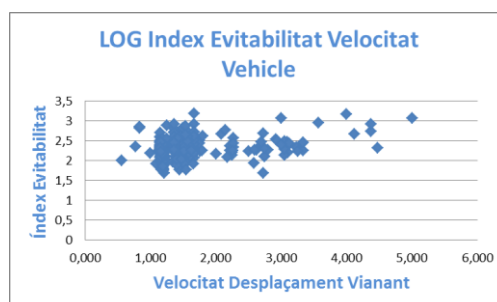


Relació lineal negativa forta i significativa. A més Velocitat màxima d'evitabilitat menys Índex d'Evitabilitat. Explicaria un 51.7% de l'Índex d'Evitabilitat.

Aquesta relació sembla afectada pels valors zero que indiquen que a cap velocitat es podia evitar. Es podria plantejar definir una variable que permeti velocitats negatives?

Velocitat Desplaçament Vianant

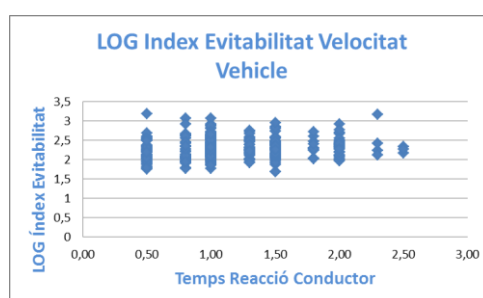
$$r = 0.298 \quad R^2 \rightarrow 8.88\% \quad p\text{-valor} = 0.000$$



Relació lineal positiva moderada i significativa. A més Velocitat vianant més Índex d'Evitabilitat. Explicaria un 8.88% de l'Índex d'Evitabilitat.

Temps Reacció Conductor

$$r = 0.148 \quad R^2 \rightarrow 2,19\% \quad p\text{-valor} = 0.006$$



Relació lineal positiva feble i significativa. Més Temps reacció conductor implica més Índex d'Evitabilitat. Explicaria un 2.19% de l'Índex d'Evitabilitat. Quant més tarda un conductor en reaccionar més improbable es evitar l'atropellament.

Resum relació bivariant

Finalment, amb les decisions preses a partir de l'exploració visual de la relació bivariant, l'especificació del model (variables del model) queda de la següent forma:

Correlations						
	Velocitat Circulació Vehicle	Velocitat Màxima Permesa	LOG Temps Situació Risc	Velocitat Màxima d'Evitabilitat	Velocitat Vianant	Temps Reacció Conductor
LOG Índex Evitabilitat						
Velocitat Màxima Permesa	-.351	.034	-.966	-.787	.249	.141
	.000	.523	.000	.000	.000	.009

El model multivariant considerarà com a variable a explicar el logaritme de l'Índex d'Evitabilitat i aquestes 6 variables explicatives en les escales presentades a la taula.

14.3.2. Model de regressió lineal múltiple sobre l'índex d'evitabilitat a la velocitat inicial del vehicle

D'entrada, calculem un model amb la variable resposta d'interès (en logaritme tal com hem decidit en l'exploració bivariant) i les 6 variables explicatives.

Els resultats són els següents:

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,992 ^a	,983	,983	,0336901

a. Predictors: (Constant), Temps Reacció Conductor, Velocitat Màxima Permesa, Velocitat Vianant, LOG Temps Situació Risc, Velocitat Circulació Vehicle, Velocitat Màxima d'Evitabilitat

Si el model és vàlid, amb les 6 variables explicatives decidides anteriorment, expliquem un 98.3% de l'índex d'evitabilitat. Veiem que totes les variables excepte la Velocitat Màxima d'Evitabilitat (p valor = 0.454) i la Velocitat Permesa (p valor = 0.147) afecten significativament a l'índex d'evitabilitat.

La raó de la falta de significació de la Velocitat Permesa és realment la falta de relació amb l'Índex tal com havíem vist en l'exploració bivariant. Per tant, aquesta variable ha de sortir del model. La raó de la falta de significació per la Velocitat Màxima d'Evitabilitat és la multicol·linealitat que és detecta junt amb el log Temps Generar Situació Risc. La multicol·linealitat esdevé quan una variable explicativa està molt explicada per algunes (totes) les demés variables explicatives.

Això resulta en la incapacitat del model en distingir l'efecte de cada variable explicativa de les que estan relacionades entre elles. La "Tolerance" d'una variable explicativa és la part que no expliquen d'ella les demés variables explicatives. La "VIF" (Variance Inflation Factor) és la inversa de la "Tolerance".

En el nostre cas, la Velocitat Màxima d'Evitabilitat i el log Temps Generar Situació Risc tenen una "Tolerance" baixa (aproximadament 1/3 cada una) i per tant són les dos variables que es molesten una a l'altre, De fet, la correlació entre elles és de 0.739. Efectivament, s'expliquen una a l'altre. La forma de solucionar-ho és treure una d'elles. En el nostre cas traurem la que menys explica que és la Velocitat Màxima d'Evitabilitat.

Quant més ampli sigui l'interval temporal del Temps de Generació de Situació de Risc, augmenten les probabilitats del vianant de ser detectat i en conseqüència el potencial èxit d'una maniobra evasiva per part del conductor del vehicle.

En la següent taula podem veure el que s'ha comentat.

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	2,021	,015		133,438	,000		
	Velocitat Circulació Vehicle	,006	,000	,451	56,671	,000	,773	1,294
	Velocitat Màxima Permesa	,000	,000	,011	1,455	,147	,913	1,096
	LOG Temps Situació Risc	-,975	,011	-1,051	-86,634	,000	,333	3,007
	Velocitat Màxima d'Evitabilitat	,000	,000	-,009	-,750	,454	,350	2,858
	Velocitat Vianant	,008	,003	,019	2,584	,010	,913	1,095
	Temps Reacció Conductor	,139	,004	,253	31,424	,000	,752	1,329

a. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Vehicle

Per tant, eliminant les variables que s'ha comentat. Ara obtenim:

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,992 ^a	,983	,983	,0337336

a. Predictors: (Constant), Temps Reacció Conductor, Velocitat Circulació Vehicle, Velocitat Vianant, LOG Temps Situació Risc

b. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Vehicle

Tal com veiem mantenim el mateix coeficient de determinació (98.3%) i ara les 4 variables restants són significatives sense problemes de multicol·linealitat (tal com veiem a la següent taula).

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	2,038	,008		269,923	,000		
	Velocitat Circulació Vehicle	,006	,000	,454	59,019	,000	,829	1,207
	LOG Temps Situació Risc	-,981	,007	-1,058	-133,774	,000	,785	1,274
	Velocitat Vianant	,008	,003	,019	2,534	,012	,917	1,090
	Temps Reacció Conductor	,141	,004	,257	36,094	,000	,969	1,032

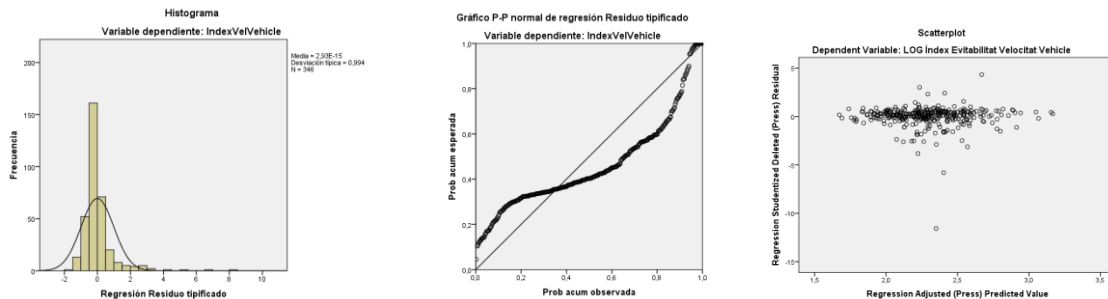
a. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Vehicle

Abans d'interpretar els resultats veiem si es compleixen els supòsits mirant els gràfics dels residus. Els supòsits a comprovar sobre els residus són:

Normalitat: Histograma o q-q plot normal.

Linealitat i Homoscedasticitat: Núvol de punts dels residus versus les prediccions sense patrons evidents.

Aleatorietat: Ho farem amb l'estadístic de Durbin-Watson que ha de ser proper a 2.



Podem veure que no es compleix ni normalitat ni homoscedasticitat ni linealitat. Mirant el següent estadístic de Durbin-Watson (1.85) sembla que si que hi ha aleatorietat dels residus.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,992 ^a	,983	,983	,0337336	1,850

a. Predictors: (Constant), Temps Reacció Conductor, Velocitat Circulació Vehicle, Velocitat Vianant, LOG Temps Situació Risc

b. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Vehicle

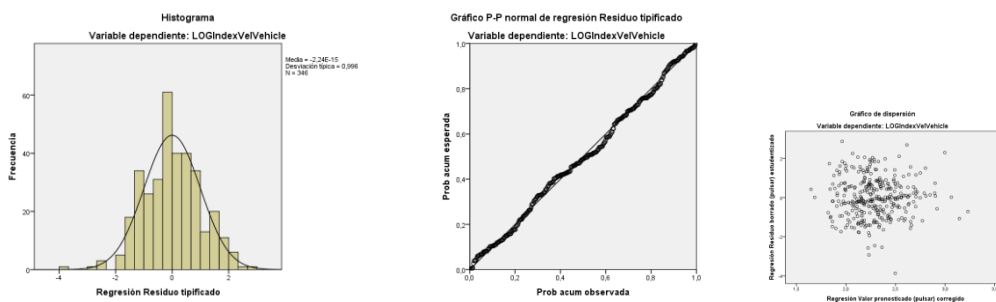
Explorant possibilitats sembla que la variable (no massa continua) *temps reacció conductor* pot donar problemes en els supòsits. Si la treiem tenim:

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,959 ^a	,919	,919	,0739558

a. Variables predictoras: (Constante), LOG Temps Generar Situacio Risc, Velocitat Vianant, Velocitat Circulació Vehicle

b. Variable dependiente: LOGIndexVelVehicle



Ara si que es compleixen els supòsits de Normalitat (primer i segon gràfic, linealitat i homoscedasticitat (tercer gràfic). A la següent taula veiem que l'estadístic Durbin-Watson (1.909, millora respecte l'anterior) és proper a 2 i per tant tenim també aleatorietat.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,959 ^a	,919	,919	,0739558	1,909

a. Predictors: (Constant), Velocitat Vianant, Velocitat Circulació Vehicle, LOG Temps Situació Risc

b. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Vehicle

Ara es compleixen els supòsits i totes les variables són significatives.

14.3.3. Model final de l'índex d'evitabilitat a la velocitat inicial del vehicle

Variables a explicar: Log (Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle).

Variables explicatives: Velocitat Circulació Vehicle, Log (Temps Situació Risc) i Velocitat Vianant.

Bondat de l'ajust: Podem afirmar que amb aquest model de relació lineal i amb aquestes variables explicatives, expliquem un 91.9% de la variabilitat de l'Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle.

Model Summary^b

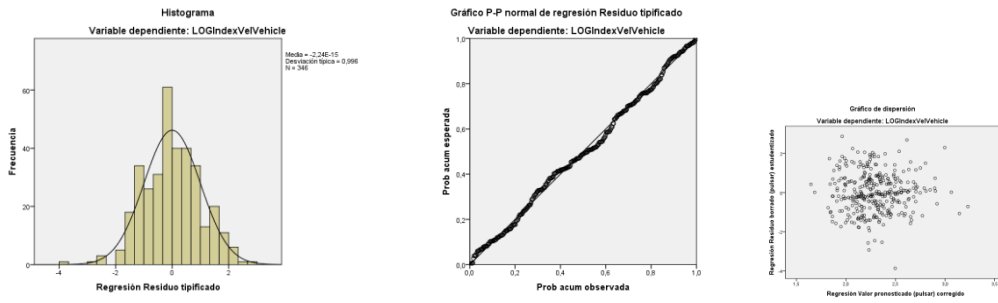
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	,959 ^a	,919	,919	,0739558	1,909

a. Predictors: (Constant), Velocitat Vianant, Velocitat Circulació Vehicle, LOG Temps Situació Risc

b. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Vehicle

Comprovació dels supòsits de la tècnica

Observant els diferents gràfics podem concloure que es compleixen els supòsits de linealitat, homoscedasticitat, normalitat i aleatorietat (Durbin-Watson=1.909).



Efecte de les variables explicatives sobre la variable resposta (Índex d'Evitabilitat)

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B	
		B	Error tip.	Beta			Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	2,195	,014		162,531	,000	2,169	2,222
	Velocitat Circulació Vehicle	,006	,000	,420	25,078	,000	,005	,006
	Velocitat Vianant	,020	,006	,050	3,144	,002	,008	,033
	LOG Temps Situació Risc	-,945	,016	-1,019	-59,322	,000	-,976	-,913

a. Variable dependiente: LOG Index Evitabilitat Velocitat Vehicle

Velocitat Circulació Vehicle (Efecte ampliador de l'Índex, disminueix la probabilitat de ser evitat):

Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més de velocitat de circulació va associat a un augment en mitjana d'entre 0,005 i 0,006 en el logaritme de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex augmenta entre un 1,16% i un 1,39%).

$$\text{Log}(\text{Index}) = K + 0.006\text{VelVeh} \quad ; \quad \text{Index} = 10^{K+0.006\text{VelVeh}}$$

$$\text{Index} = 10^K 10^{0.006\text{VelVeh}}$$

$$\text{Log}(\text{Index}') = K + 0.006(\text{VelVeh} + Q) \quad ; \quad \text{Index}' = 10^{K+0.006(\text{VelVeh}+Q)}$$

$$\text{Index}' = 10^K 10^{0.006(\text{VelVeh}+Q)} = 10^K 10^{0.006\text{VelVeh}} 10^{0.006Q} = \text{Index} 10^{0.006Q}$$

$$\text{Si VelVeh} \uparrow Q \text{ unitats} \rightarrow \text{Index}' = \text{Index} 10^{0.006Q}$$

Amb una confiança del 95% es pot dir que Q=10 km/h més de velocitat de circulació va associat a un augment en mitjana contingut entre 0,05 i 0,06 en el logaritme de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex queda multiplicat per entre $10^{0.05} = 1.122$ i $10^{0.06} = 1.148$. Per tant, augmenta entre un 12,2% i un 14,8%).

Velocitat Vianant (Efecte ampliador de l'Índex, disminueix la probabilitat de ser evitat):

Amb una confiança del 95% podem dir que un m/s més en la velocitat vianant va associat a un augment en mitjana d'entre 0,008 i 0,033 en el logaritme de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex augmenta entre un 1,86% i un 7,89%).

Log Temps Generació Situació Risc (Efecte reductor de l'Índex, augmenta la probabilitat de ser evitat):

Amb una confiança del 95% podem dir que un augment d' 1 en el logaritme del temps de situació de risc va associat a una disminució en mitjana d'entre -0,976 i -0,913 en el logaritme de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (podem dir aproximadament que si multipliquem per 2 el temps en generar la situació de risc, l'índex es veu reduït entre un 46.9% i un 49.2%).

14.4. Segon model: model per l'índex d'evitabilitat a velocitat permesa

14.4.1. Exploració de la relació bivariant previ al model multivariant

Hi ha dos aspectes importants respecte a la relació de cada variable explicativa amb una variable resposta.

- Quantificar aquesta relació lineal amb el coeficient de correlació i la seva significació (p-valor).
- Confirmar la relació lineal a partir de la visualització (només el coeficient de correlació pot portar a engany).
- La visualització també pot ajudar a esclarir si val la pena fer una transformació de les variables (la més típica és la logarítmica).

Correlations

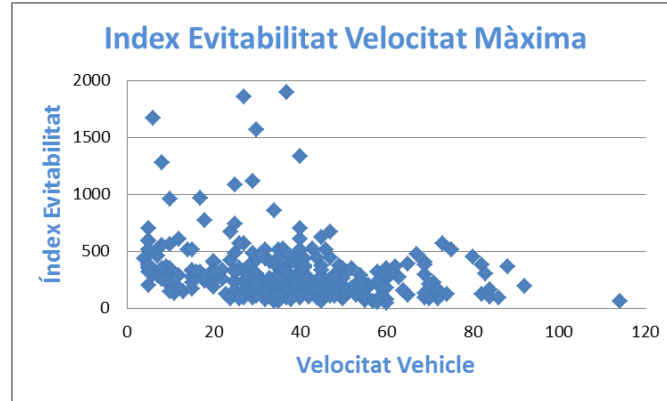
	Velocitat Circulació Vehicle	Velocitat Màxima Permesa	Temps Situació Risc	Velocitat Màxima d'Evitabilitat	Velocitat Vianant	Temps Reacció Conductor
Índex Evitabilitat Velocitat	-,289	,017	-,642	-,473	,288	,079
Màxima Permesa	,000	,749	,000	,000	,000	,142

Respecte la quantificació de la relació lineal observem, a partir de les correlacions, que l'Índex d'Evitabilitat a Velocitat Permesa correlaciona de forma significativa amb Velocitat Circulació Vehicle, Temps de Situació de Risc, Velocitat Màxima d'Evitabilitat i Velocitat Vianant. Amb les variables Velocitat Màxima Permesa i Temps Reacció Conductor no sembla que hi hagi relació lineal (p-valor gran).

Ara caldrà visualitzar aquestes relacions i confirmar el que hem quantificat.

Finalment veurem que convé explicar el logaritme de l'Índex d'enlloc del propi Índex.

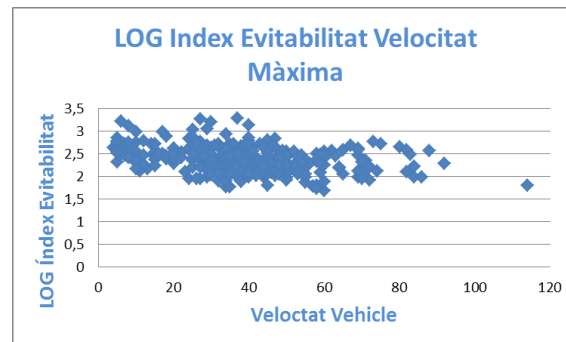
Velocitat Vehicle. $r = -0.289$ $R^2 \rightarrow 8,4\%$ $p\text{-valor} = 0.000$



Relació lineal negativa feble i significativa. Més Velocitat Vehicle implica menys Índex d'Evitabilitat. Explicaria un 8.4% de l'Índex d'Evitabilitat.

La relació sembla millorable transformant l'Índex pel logaritme ja que la dispersió varia en funció del valor de Velocitat Vehicle. Si ho mirem obtenim:

$r = -0.351$ $R^2 \rightarrow 12,3\%$ $p\text{-valor} = 0.000$



Efectivament la relació millora. Ara tenim, relació lineal negativa moderada i significativa. Més Velocitat Vehicle implica menys Índex d'Evitabilitat. Explicaria un 12.3% de l'Índex d'Evitabilitat.

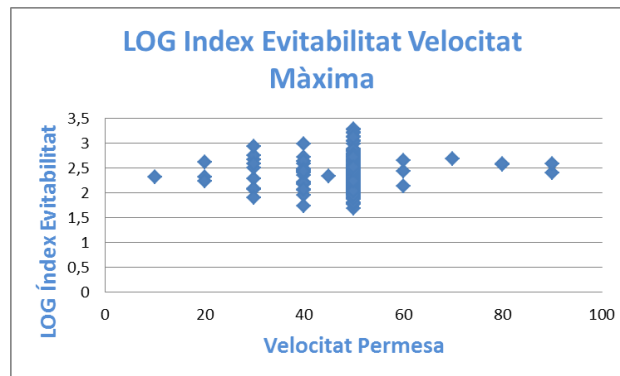
Si considerem transformar la variable resposta en logaritme per tot el model la relació de les demés variables continua sent significatives i guanyem també la significació amb la variable Temps Reacció Conductor.

Correlations

	Velocitat Circulació Vehicle	Velocitat Màxima Permesa	Temps Situació Risc	Velocitat Màxima d'Evitabilitat	Velocitat Vianant	Temps Reacció Conductor
LOG Index Evitabilitat						
Velocitat Màxima	-,351	,034	-,892	-,787	,249	,141
Permesa	,000	,523	,000	,000	,000	,009

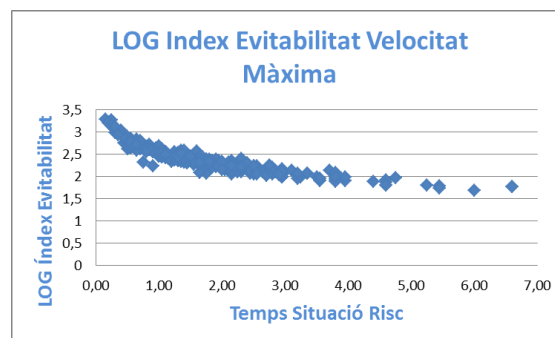
Pel que veurem després al comprovar els supòsits de la tècnica, convé, a partir d'ara, considerar la variable resposta en forma logarítmica.

Velocitat Màxima Permesa. $r = 0.034$ $R^2 \rightarrow 0.12\%$ $p - valor = 0.523$



Relació lineal positiva pràcticament nul·la i no significativa.

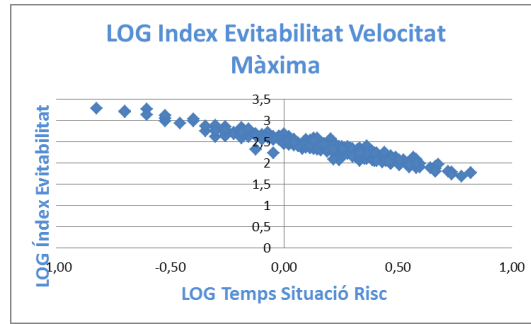
Temps Generació Situació de Risc. $r = -0.892$ $R^2 \rightarrow 79.6\%$ $p - valor = 0.000$



Relació lineal negativa molt forta i significativa. Més TGSR implica menys Índex d'Evitabilitat. Explicaria un 79.6% de l'Índex d'Evitabilitat.

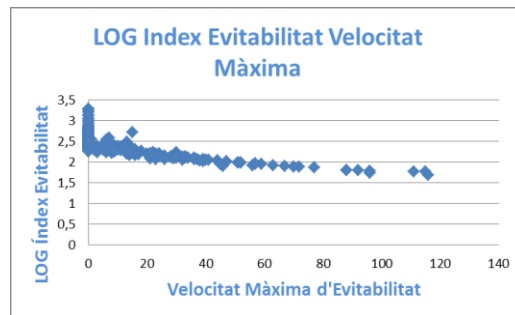
La relació sembla millorable transformant TGSR a logaritme. Fem-ho:

$r = -0.966$ $R^2 \rightarrow 93.3\%$ $p - valor = 0.000$



Ara explicaria un 93.3% de l'Índex d'Evitabilitat.

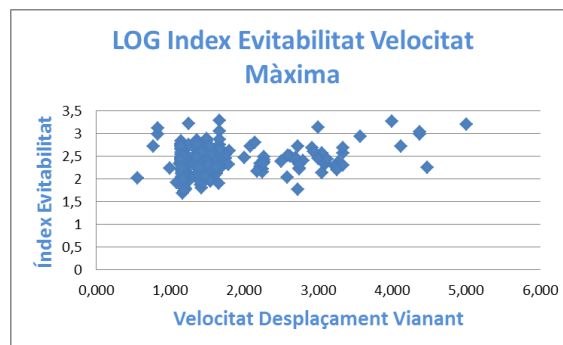
Velocitat Màxima d'Evitabilitat : $r = -0.787$ $R^2 \rightarrow 62\%$ $p - valor = 0.000$



Relació lineal negativa molt forta i significativa. Més Velocitat Màxima d'Evitabilitat implica menys Índex d'Evitabilitat. Explicaria un 62% de l'Índex d'Evitabilitat.

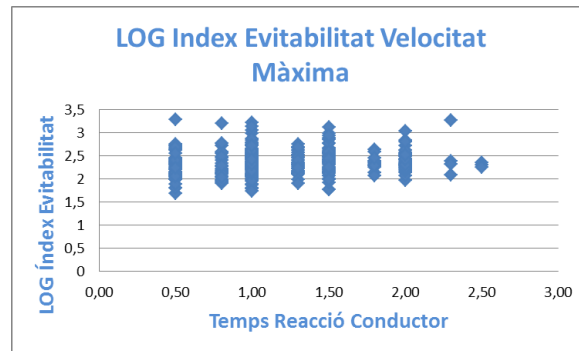
Aquesta relació es veu probablement afectada pels valors zero que indiquen que a cap velocitat es podia evitar. Potser val la pena millorar aquesta relació definint una variable que permeti velocitats negatives.

Velocitat Desplaçament Vianant. $r = 0.249$ $R^2 \rightarrow 6.2\%$ $p - valor = 0.000$



Relació lineal positiva moderada i significativa. Més Velocitat Vianant implica més Índex d'Evitabilitat (Es redueix el temps d'exposició al risc i per tant la capacitat del conductor de frenar el vehicle). Explicaria un 6.2% de l'Índex d'Evitabilitat.

Temps Reacció Conductor. $r = 0.141$ $R^2 \rightarrow 1.99\%$ $p - valor = 0.009$



Relació lineal positiva molt feble però significativa. Més TRC implica més Índex d'Evitabilitat. Explicaria un 1.99% de l'Índex d'Evitabilitat.

Però potser caldria explorar altres formes de incloure-la amb alguna transformació (un cop fet, no s'ha trobat cap transformació que expliqui quelcom del model).

Resum relació bivariant

Finalment, amb les decisions preses a partir de l'exploració visual, les variables del model seran de la següent forma:

Correlations

	Velocitat Circulació Vehicle	Velocitat Màxima Permesa	LOG Temps Situació Risc	Velocitat Màxima d'Evitabilitat	Velocitat Vianant	Temps Reacció Conductor
LOG Índex Evitabilitat						
Velocitat Màxima	-.351	.034	-.966	-.787	.249	.141
Permesa	.000	.523	.000	.000	.000	.009

El model multivariant considerarà com a variable a explicar el logaritme de l'Índex d'Evitabilitat i aquestes 6 variables explicatives.

14.4.2. Model de regressió lineal múltiple sobre l'índex d'evitabilitat a la velocitat màxima permesa

D'entrada calculem un model amb la variable resposta d'interès i les 6 variables explicatives.

Els resultats són els següents:

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,999 ^a	,998	,997	,0140902

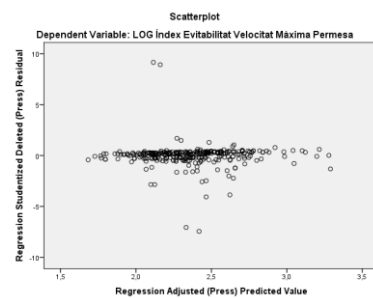
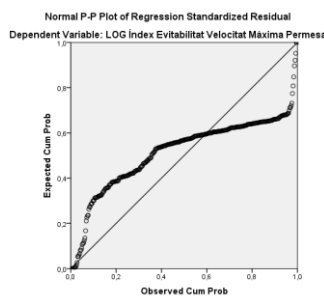
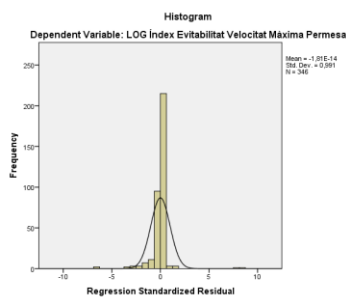
a. Predictors: (Constant), Temps Reacció Conductor, Velocitat Màxima Permessa, Velocitat Vianant, LOG Temps Situació Risc, Velocitat Circulació Vehicle, Velocitat Màxima d'Evitabilitat

b. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Màxima Permessa

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error			Tolerance	VIF
1	(Constant)	2,096	,006	330,886	,000		
	Velocitat Circulació Vehicle	-5,839E-006	,000	-,124	,902	,773	1,294
	Velocitat Màxima Permessa	,006	,000	49,741	,000	,913	1,096
	LOG Temps Situació Risc	-,996	,005	-211,760	,000	,333	3,007
	Velocitat Màxima d'Evitabilitat	1,114E-005	,000	,187	,852	,350	2,858
	Velocitat Vianant	,002	,001	1,652	,100	,913	1,095
	Temps Reacció Conductor	,125	,002	67,488	,000	,752	1,329

a. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Màxima Permessa



És clar que NO es compleixen els supòsits del model. Després d'algunes proves resulta que la variable Temps Reacció Conductor està espatllant la relació lineal. Si la traiem obtenim el model definitiu:

14.4.3. Model final de l'índex d'evitabilitat a la velocitat màxima permesa

Variables a explicar: Log (Índex d'Evitabilitat a Velocitat Màxima).

Variables explicatives: Velocitat Circulació Vehicle, Velocitat Màxima Permesa, Log (Temps Situació Risc), Velocitat Màxima d'Evitabilitat i Velocitat Vianant.

Bondat de l'ajust: Podem afirmar que amb aquest model de relació lineal i amb aquestes variables explicatives, expliquem un 96.4% de la variabilitat de l'Índex d'Evitabilitat a Velocitat Màxima Permesa.

Model Summary^b

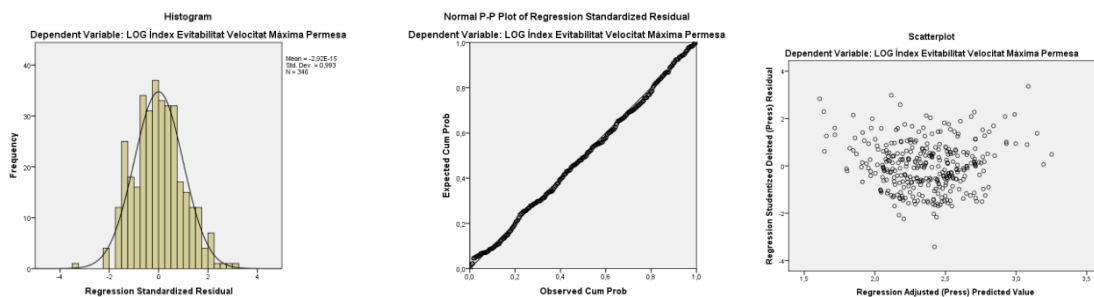
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,982 ^a	,964	,963	,0534558

a. Predictors: (Constant), Velocitat Vianant, Velocitat Màxima Permesa, Velocitat Màxima d'Evitabilitat, Velocitat Circulació Vehicle, LOG Temps Situació Risc

b. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Màxima Permesa

Comprovació dels supòsits de la tècnica

Observant els diferents gràfics podem concloure que es compleixen els supòsits de linealitat, homoscedasticitat, normalitat i aleatorietat (Durbin-Watson = 1.88).



Efecte de les variables explicatives sobre la variable resposta (Índex d'Evitabilitat).

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		t	Sig.	95,0% Confidence Interval for B		Collinearity Statistics		
	B	Std. Error			Lower Bound	Upper Bound	Tolerance	VIF	
1									
	(Constant)	2,242	,023	99,147	,000	2,197	2,286		
	Velocitat Circulació Vehicle	,000	,000	-2,152	,032	-,001	,000	,784	1,276
	Velocitat Màxima Permesa	,006	,000	13,173	,000	,005	,007	,913	1,096
	LOG Temps Situació Risc	-,858	,016	-53,405	,000	-,889	-,826	,411	2,435
	Velocitat Màxima d'Evitabilitat	-,002	,000	-9,444	,000	-,002	-,001	,450	2,224
	Velocitat Vianant	,014	,005	2,877	,004	,004	,023	,930	1,075

a. Dependent Variable: LOG Índex Evitabilitat Velocitat Màxima Permesa

Com veiem tots els coeficients són significatius i no hi ha cap problema de multicol·linealitat (VIF < 3). Passem a interpretar els efectes de cada variable explicativa.

Velocitat Circulació Vehicle (Efecte reductor de l'Índex, augmenta la probabilitat de ser evitat)

Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més de velocitat de circulació va associat a una disminució en mitjana continguda entre 0,000 i 0,001 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex es redueix entre pràcticament res i un 0,23%).

Amb una confiança del 95% es pot dir que 10 km/h més de velocitat de circulació va associat a una disminució en mitjana continguda entre 0,00 i 0,01 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex es redueix entre pràcticament res i un 2,27%).

Velocitat Màxima Permesa (Efecte ampliador de l'Índex, redueix la probabilitat de ser evitat)

Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més de velocitat màxima permesa va associat a un augment en mitjana continguda entre 0,005 i 0,007 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex augmenta entre pràcticament un 1,16% i un 1,62%).

Amb una confiança del 95% podem dir que 10 km/h més de velocitat màxima permesa va associat a un augment en mitjana continguda entre 0,05 i 0,07 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex augmenta entre pràcticament un 12,2% i un 17,5%).

Log (Temps Situació Risc) (Efecte reductor de l'Índex, augmenta la probabilitat de ser evitat)

Un augment d' 1 en el logaritme del temps de situació de risc va associat a una disminució en mitjana continguda entre 0,826 i 0,889 en el logaritme de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (podem dir aproximadament que si multipliquem per 2 el temps en generar la situació de risc, l'índex es veu reduït entre un 43,6% i un 46%).

Velocitat Màxima d'Evitabilitat (Efecte reductor de l'Índex, augmenta la probabilitat de ser evitat)

Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més de velocitat màxima d'evitabilitat va associat a una disminució en mitjana continguda entre 0,001 i 0,002 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex es redueix entre un 0,23% i un 0,46%).

Amb una confiança del 95% podem dir que 10 km/h més de velocitat màxima d'evitabilitat va associat a una disminució en mitjana continguda entre 0,01 i 0,02 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex es redueix entre un 2,3% i un 4,5%).

Velocitat Vianant (Efecte ampliador de l'índex, redueix la probabilitat de ser evitat)

Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més de velocitat vianant va associat a un augment en mitjana continguda entre 0,004 i 0,023 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixos de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex augmenta entre un 0,92% i un 5,44%).

14.5. Tercer model: L'evitabilitat

14.5.1. Exploració de la relació bivariant previ al model multivariant

Com la variable resposta és una variable dicotòmica, el model a utilitzar serà un model de regressió logística.

Exploració de la relació bivariant prèvia al model multivariant.

Com la variable resposta és una variable dicotòmica, per veure la relació de cada variable explicativa amb l'Evitabilitat, utilitzarem la diferència de mitjanes (en cas de variable explicativa continua) i taula de contingència (en cas de variable explicativa categòrica).

Velocitat Vehicle

Veiem quines diferències hi ha en la velocitat vehicle pels casos evitables i els no evitables.

Velocitat Circulació Vehicle

Evitabilitat	Mean	N	Std. Deviation
No	37,72	301	17,856
Si	43,20	45	20,658
Total	38,43	346	18,305

Els accidents evitables anaven a 5.5 km/h més ràpids que els no evitables. Això té un explicació dins del propi model: en un 50% dels accidents que no eren evitables a la velocitat del vehicle (86,99%), la velocitat no és la causant directa de la col·lisió, ja que el temps disponible per evitar l'atropellament era inferior al temps de reacció exigible al conductor. En aquest percentatge del 50% dels que no eren evitables modificant la velocitat, la velocitat de

circulació era lleugerament menor (12,69 %).

Per veure si la diferència és significativa, utilitzarem un test de diferència de mitjanes no paramètric (ja que no podem suposar la normalitat de la velocitat en els dos grups). En concret el test U de Mann-Whitney.

Tal com veiem en la següent taula, aquesta diferència no és significativa. Això no vol dir que no pugui explicar quelcom junt amb les altres variables.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Velocitat Circulació Vehicle is the same across categories of Evitabilitat.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,272	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Velocitat Màxima Permesa

En aquesta variable quasi tots els valors són 50 km/h. Hi ha molt poca mostra d'altres valors. Es pot provar de considerar-la variable categòrica i comprovar si agrupant-la d'alguna forma pot explicar quelcom però tal com veiem a la següent taula, no és possible degut a la manca de dades en valors diferents a 50 km/h. No la inclourem en el model.

Evitabilitat * Velocitat Màxima Permesa Crosstabulation

			Velocitat Màxima Permesa										Total
			10	20	30	40	45	50	60	70	80	90	
Evitabilitat	No	Count	1	3	8	17	1	263	3	1	2	2	301
		% within Velocitat Màxima Permesa	100,0%	100,0%	88,9%	81,0%	100,0%	86,8%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	87,0%
	Si	Count	0	0	1	4	0	40	0	0	0	0	45
		% within Velocitat Màxima Permesa	0,0%	0,0%	11,1%	19,0%	0,0%	13,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13,0%
Total		Count	1	3	9	21	1	303	3	1	2	2	346
		% within Velocitat Màxima Permesa	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Temps Generar Situació de Risc

Veiem quines diferències hi ha en el Temps Generar Situació Risc pels casos evitables i els no evitables.

Temps Situació Risc

Evitabilitat	Mean	N	Std. Deviation
No	1,509302	301	,7553563
Si	3,691111	45	1,1250903
Total	1,793064	346	1,0944105

Els accidents evitables tenen en mitjana un TGSR d'aproximadament 2.18 segons més que els no evitables. El conductor disposa de més del doble de temps (2,46 vegades més) per evitar l'accident, desaccelerant.

Per veure si la diferència és significativa i per tant ens pot explicar quelcom de l'Evitabilitat en el nostre model, tornem a utilitzar el test U de Mann-Whitney.

Tal com veiem en la següent taula, aquesta diferència si que és significativa amb un p-valor pràcticament nul. Sembla que podrà explicar part de l'evitabilitat.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Temps Situació Risc is the same across categories of Evitabilitat.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

Velocitat Màxima d'Evitabilitat

Veiem quines diferències hi ha en la Velocitat Màxima d'Evitabilitat pels casos evitables i els no evitables.

Velocitat Màxima d'Evitabilitat

Evitabilitat	Mean	N	Std. Deviation
No	8,22	301	11,872
Si	56,22	45	24,910
Total	14,47	346	21,520

Els accidents evitables tenen en mitjana una Velocitat Màxima d'Evitabilitat 48 km/h superior que els no evitables (esperable).

Per veure si la diferència és significativa i per tant ens pot explicar quelcom de l'Evitabilitat en el nostre model, tornem a utilitzar el test U de Mann-Whitney.

Tal com veiem en la següent taula, aquesta diferència si que és significativa amb un p-valor pràcticament nul. Sembla que podrà explicar part de l'evitabilitat.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Velocitat Màxima d'Evitabilitat is the same across categories of Evitabilitat.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Velocitat Desplaçament Vianant

Veiem quines diferències hi ha en la Velocitat Desplaçament Vianant pels casos evitables i els no evitables.

Velocitat Vianant

Evitabilitat	Mean	N	Std. Deviation
No	1,636090	301	,6600776
Si	1,330067	45	,3387042
Total	1,596289	346	,6357116

Els accidents evitables tenen en mitjana una Velocitat Vianant 0.3 m/s (21-36% més lent) inferior que els no evitables (esperable, més temps pel conductor per frenar).

Per veure si la diferència és significativa i per tant ens pot explicar quelcom de l'Evitabilitat en el nostre model, tornem a utilitzar el test U de Mann-Whitney.

Tal com veiem en la següent taula, aquesta diferència sí que és significativa amb un p-valor pràcticament nul. Sembla que podrà explicar part de l'evitabilitat.

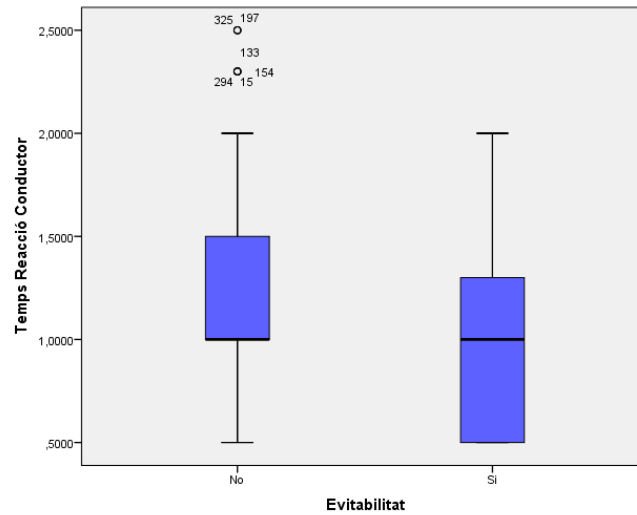
Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Velocitat Vianant is the same across categories of Evitabilitat.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	,000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Temps Reacció Conductor

En aquesta variable caldrà estudiar alguna categorització per entrar-la al model de forma que ens pugui explicar quelcom.



Evitabilitat * Temps Reacció Conductor Crosstabulation

		Temps Reacció Conductor									Total	
		,5000	,8000	1,0000	1,3000	1,5000	1,8000	2,0000	2,3000	2,5000		
Evitabilitat	No	Count	43	20	101	32	55	12	31	4	3	301
		% within Temps Reacció Conductor	78,2%	69,0%	90,2%	88,9%	88,7%	100,0%	93,9%	100,0%	100,0%	87,0%
	Si	Count	12	9	11	4	7	0	2	0	0	45
		% within Temps Reacció Conductor	21,8%	31,0%	9,8%	11,1%	11,3%	0,0%	6,1%	0,0%	0,0%	13,0%
Total		Count	55	29	112	36	62	12	33	4	3	346
		% within Temps Reacció Conductor	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Sembla que per valors de Temps Reacció Conductor inferiors a 1s hi ha menys no evitables. En base a això i després de diverses proves s'ha arribat a definir una nova variable que serà significativa a l'hora de explicar quelcom al model.

$$\begin{cases} TRC_REC = 0 & \text{si } TRC < 1 \\ TRC_REC = 1 & \text{si } TRC \geq 1 \end{cases}$$

Ara, la relació entre les dues variables dicotòmiques queda de la següent forma:

Evitabilitat * Temps Reacció Conductor Dicotòmica Crosstabulation

			Temps Reacció Conductor Dicotòmica		Total
			Menor a 1 segon	1 segon o més	
Evitabilitat	No	Count	63	238	301
		% within Evitabilitat	20,9%	79,1%	100,0%
	Si	Count	21	24	45
		% within Evitabilitat	46,7%	53,3%	100,0%
Total		Count	84	262	346
		% within Evitabilitat	24,3%	75,7%	100,0%

Tal com veiem, pels no evitables hi ha un 21% on el temps de reacció del conductor és inferior a 1 segon i un 79% on és superior o igual a un segon. En canvi, pels evitables aquests percentatges són molt diferents (46.7% i 53.3%).

A la següent taula podem veure amb el *test chisquare* que aquesta relació és significativa (hi ha diferències en les distribucions del temps de reacció del conductor pels evitables i els no evitables).

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	14,105 ^a	1	,000		
Continuity Correction ^b	12,740	1	,000		
Likelihood Ratio	12,518	1	,000		
Fisher's Exact Test				,001	,000
Linear-by-Linear Association	14,064	1	,000		
N of Valid Cases	346				

a. 0 cells (0,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 10,92.

b. Computed only for a 2x2 table

Aquesta dicotomització, probablement, ens donarà significació a l'hora de construir el model per explicar l'Evitabilitat.

Resum relació bivariant

El model multivariant considerarà com a variable a explicar l'Evitabilitat i 5 variables explicatives. Velocitat Circulació Vehicle, Logaritme Temps Situació Risc, Velocitat Màxima d'Evitabilitat, Velocitat Vianant i TRC_REC (Temps Reacció Conductor dicotòmica).

14.5.2. Model de regressió logística de l'evitabilitat.

D'entrada calculem un model amb la variable resposta d'interès i les 5 variables explicatives. No totes són significatives.

Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1 ^a VelocitatCirculacióVehicle	-,165	,045	13,172	1	,000	,848
Velocitatpermesa	-,213	,110	3,724	1	,054	,808
LOGTempsGenerarSituacióRisc	10,281	8,386	1,503	1	,220	29186,958
VelocitatMaxdevitabilitat	,313	,097	10,386	1	,001	1,368
VelocitatVianant	-1,260	1,309	,926	1	,336	,284
TRC_REC	-,833	1,201	,481	1	,488	,435
Constant	3,293	4,696	,492	1	,483	26,925

a. Variable(s) entered on step 1: VelocitatCirculacióVehicle, Velocitatpermesa, LOGTempsGenerarSituacióRisc, VelocitatMaxdevitabilitat, VelocitatVianant, TRC_REC.

En quant a la velocitat permesa ja hem dit que no la utilitzaríem.

Després d'explorar combinacions on totes les variables siguin significatives obtenim el model final:

14.5.3. Model final de l'evitabilitat

Variabls a explicar:

Evitabilitat (Dicotòmica)

Variabls explicatives:

Velocitat Circulació, Temps Situació Risc, Velocitat Vianant i TempsReaccióConductor - REC.

Bondat de l'ajust:

Primer, la prova "Omnibus" (*chisquare*) ens indica que en global hi ha relació entre les nostres variables i l'Evitabilitat (p valors < 0.05).

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	404,141	4	,000
	Block	404,141	4	,000
	Model	404,141	4	,000

Segon, a partir de l'estadístic Nagelkerke (un pseudo-r-squared per regressió logística) de la següent taula podem afirmar que amb aquest model de relació logística i amb aquestes variables explicatives, expliquem un 91.9% de la variabilitat de l'Evitabilitat.

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	75,517 ^a	,689	,919

a. Estimation terminated at iteration number 9 because parameter estimates changed by less than ,001.

Podem valorar el poder predictiu del model mirant la taula de classificació. El model classifica un 95.7% de casos de forma correcta.

Classification Table^a

Observed	Evitabilitat	Predicted		Percentage Correct
		No	Si	
Step 1	No	295	6	98,0
	Si	9	36	80,0
Overall Percentage				95,7

a. The cut value is ,500

Efecte de les variables explicatives sobre la variable Evitabilitat

Variables in the Equation								95% C.I. for EXP(B)	
		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	Lower	Upper
Step 1 ^a	TRC_REC(1)	-3,939	,884	19,857	1	,000	,019	,003	,110
	VelocitatCirculacióVehicle	-,091	,024	14,263	1	,000	,913	,871	,957
	VelocitatVianant	-4,924	,983	25,110	1	,000	,007	,001	,050
	TempsGenerarSituacióRisc	4,248	,772	30,283	1	,000	69,975	15,411	317,717

a. Variable(s) entered on step 1: TRC_REC, VelocitatCirculacióVehicle, VelocitatVianant, TempsGenerarSituacióRisc.

Idea sobre la interpretació dels coeficients

En regressió logística és més interpretable l'exponencial dels coeficients que els propis coeficients. Per interpretar l'exponencial d'un coeficient cal entendre el concepte d'avantatge en probabilitat.

Suposem que en una situació determinada la probabilitat d'evitable és 0.2 (20%) i per tant la probabilitat de no evitable és 0.8 (80%). Llavors, l'avantatge en probabilitat d'evitable sobre no evitable és $Avantatge(Evitable) = \frac{P(Evitable)}{P(NoEvitable)} = \frac{0.2}{0.8} = 0.25$. És com dir que la probabilitat d'evitable és una quarta part de la de no evitable.

Llavors, l'exponencial d'un coeficient ens dirà en mitjana per quant queda multiplicada l'avantatge en probabilitat d'evitable sobre no evitable, si la variable explicativa augmenta una unitat.

$$\text{Log}(Avantatge) = a + bX \quad Avantatge = e^{a+bX}$$

$$\text{Log}(Avantatge') = a + b(X + Q) \quad Avantatge' = e^{a+b(X+Q)}$$

$$Avantatge' = e^{a+b(X+Q)} = e^{a+bX+bQ} = e^{a+bX} e^{bQ}$$

$$\text{Si } X \uparrow Q \text{ unitats} \rightarrow Avantatge' = Avantatge \cdot (e^b)^Q$$

Velocitat Circulació Vehicle (Efecte reductor, augmenta la probabilitat de ser evitat)

Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més en la Velocitat Vehicle va associat a una reducció de la probabilitat de ser evitable. En concret, l'avantatge de probabilitat de Evitable sobre No Evitable queda multiplicada per un valor 0.871 i 0.957.

$$\text{Exemple: Seguint l'exemple d'abans } Avantatge(Evitable) = \frac{P(Evitable)}{P(NoEvitable)} = \frac{0.2}{0.8} = 0.25$$

Augmentar 1km/h la Velocitat vehicle fa que aquesta avantatge quedi multiplicada entre 0.871 i 0.957. És a dir, l'avantatge queda entre $(0.25)(0.871) = 0.22$ i $(0.25)(0.957) = 0.24$

Amb una confiança del 95% es pot dir que 10 km/h més en la Velocitat Vehicle va associat a una reducció de la probabilitat de ser evitable. L'avantatge de probabilitat de Evitable sobre No Evitable és multiplicada entre $(0.871)^{10} = 0.251$ i $(0.957)^{10} = 0.644$.

Velocitat Vianant (Efecte reductor, augmenta la probabilitat de ser evitat)

Amb una confiança del 95% podem dir que 1m/s més en la Velocitat Vianant va associat a una reducció de la probabilitat de ser evitable. En concret, l'avantatge de probabilitat de Evitable sobre No Evitable queda multiplicada entre 0.001 i 0.05. Reducció molt forta.

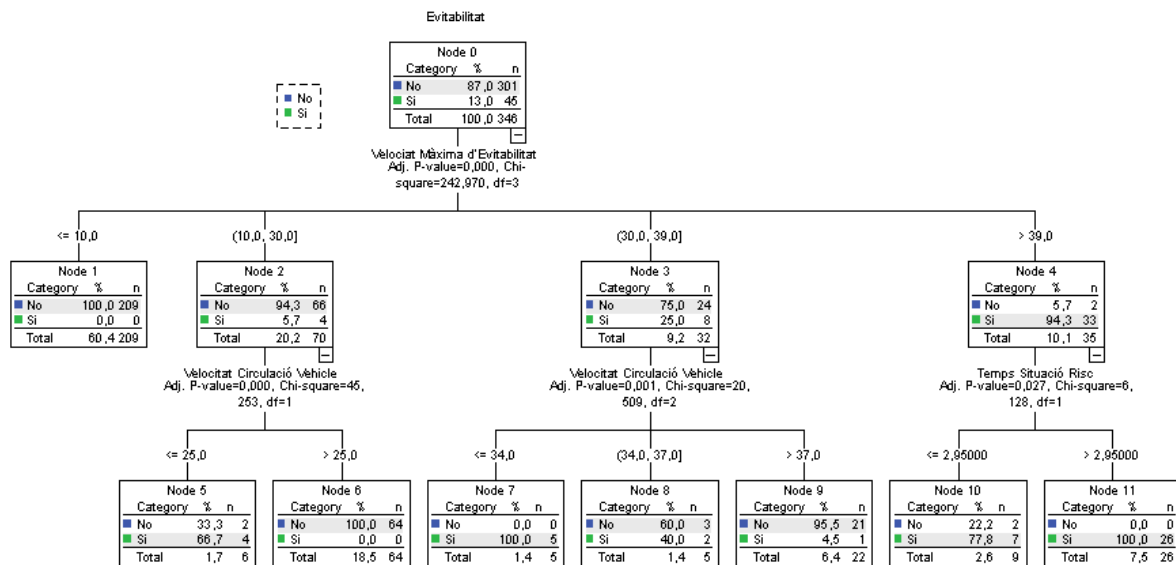
Temps Generació Situació Risc (Efecte ampliador, redueix la probabilitat de ser evitat)

Amb una confiança del 95% podem dir que un segon més de TGSR va associat a un augment de la probabilitat de ser evitable. En concret, l'avantatge de probabilitat de Evitable sobre No Evitable queda multiplicada per 15.4 i 317.7. Efecte ampliador fort.

Temps Reacció Conductor dicotòmica (Efecte reductor, augmenta la probabilitat de ser evitat)

Amb una confiança del 95% podem dir que el fet de que el temps reacció conductor sigui 1 segon o més enlloc de menys d'1 segon va associat a una disminució de la probabilitat de ser evitable. En concret, l'avantatge de probabilitat de Evitable sobre No Evitable queda multiplicada per un valor entre 0.003 i 0.11. Efecte reductor molt fort.

PETIT EXEMPLE DE TÈCNICA DE CLASSIFICACIÓ: "DECISSION TREE" PER L'EVITABILITAT



15. CONCLUSIONS I PROPOSTES DE CONTINUÏTAT PER NOVES LÍNIES DE RECERCA

ATROPELLAMENTS I VELOCITAT

(PROBLEMÀTICA, LESIVITAT, REGULACIÓ, ANÀLISI HISTÒRICA, VELOCITAT, ATENCIÓ I TEMPS DE REACCIÓ)

La problemàtica de l'accidentalitat de trànsit té una importància del tot rellevant: els costos socials (ferits, seqüeles irreversibles, morts, etc.) i econòmics (prevenció, sanitaris, lucre cessant, etc.) que produeixen, fan que la societat demostrï una preocupació del tot justificada.

Així mateix, s'han identificat, a partir de dades d'accidentalitat, problemes que han permès identificar els col·lectius i els temes claus. Per a això s'han analitzat també les polítiques de seguretat viària d'altres països i els seus resultats, per la qual cosa l'Estratègia posa l'accent en col·lectius com a nens, joves, majors, vianants, ciclistes, motoristes; i en temes clau com l'alcohol, drogues i velocitat.

La majoria de viatges realitzats a les zones urbanes són a peu i la majoria d'unitats amb moviment són vianants. Una persona es desplaça caminant entre 0,83 i 1,38 metres per segon. Un vehicle sobre el límit de velocitat en zona urbana circula a 14 metres per segon, entre 10 i 17 vegades més ràpid. Una regulació de la velocitat en zona urbana no solament modula la gravetat de les lesions, també significaria un descens en els contactes entre vehicles i persones. Per tant la seva regulació, jerarquització i en definitiva el seu tractament global té una incidència directa en l'accidentalitat de trànsit.

Un cop determinat el rang de velocitats al que circulen els vehicles que han atropellat a vianants en zona urbana causant lesions greus o la mort, s'assenyala a quina velocitat de desplaçament l'atropellament és evitable.

Un breu i intens recorregut històric sobre els conceptes de ciutat, entorn metropolità, mobilitat i sinistralitat, confirma que els atropellaments en zona urbana són una tipologia diferenciada de sinistralitat. I que la seva variació té sensibilitat a l'aplicació de diferents polítiques públiques de la gestió del trànsit: sobre tot, a la regulació de la velocitat.

La velocitat del vehicle, l'atenció i el temps de reacció del conductor, són les variables primàries per determinar l'evitabilitat d'un accident

Per definir la velocitat com un factor principal d'un atropellament en zona urbana, s'analitzen les següents variables associades: acceleració, detenció, velocitat relativa, maniobrabilitat associada, influència de la presència de vianants i condicionants de la visibilitat i la percepció. Pel que fa a l'atenció: capacitat de manteniment i distraccions endògenes i exògenes. En relació al temps de reacció: fases, edat, període de conducció (nocturnitat, meteorologia...), i les influències de substàncies narcòtiques.

RECONSTRUCCIÓ D'ACCIDENTS DE TRÀNSIT, BASE DE DADES I SELECCIÓ DE CASOS

(INTERÈS I NECESSITAT RECONSTRUCCIÓ. ABAST I INTERÈS BASE DE DADES. INTRODUCCIÓ DEBAT CIENTÍFIC)

La reconstrucció de l'accident de trànsit és defineix com el procés científic desenvolupat per investigar, analitzar i extreure conclusions sobre els factors i les causes d'un accident.

La reconstrucció és l'explicació més propera i/o probable, mitjançant l'ús de les lleis de la física i l'enginyeria, com ara la conservació del moment lineal, i de l'energia, la cinemàtica i la dinàmica, entre d'altres.

Als accidents convergeixen molts factors, s'exploten nombrosos paràmetres i s'analitzen les seves inferències, en aquesta recerca, preferentment la seva evitabilitat.

La informació que contenen les reconstruccions tractades estadísticament, ha permès inferir patrons comuns entre accidents i establir diferències paramètriques significatives.

L'anàlisi conjunt d'un elevat nombre d'accidents i el seu posterior anàlisi estadístic, permet establir mecanismes predictius dels accidents, així com l'adopció d'estratègies d'apaivagament o de reducció del seu nombre.

Amb el propòsit d'analitzar tots els factors destacats dels atropellaments en zona urbana, s'han estudiat 366 atropellaments. Per realitzar aquesta anàlisi, s'ha creat una base de dades amb 24 taules i 205 camps referits als propis atropellaments.

La selecció dels casos s'ha realitzat mitjançant els criteris d'un atropellament "estàndard", entre un vehicle a motor (turisme, motocicleta, ciclomotor, camió, furgoneta, excavadora, autocar, autobús, tractor, etc.) i un vianant que transcorria a peu, o en alguns casos, corrent.

El nombre total de la mostra és de 366 atropellaments en vies urbanes distribuïdes al llarg de l'Estat Espanyol, a ciutats com ara Barcelona, Madrid, València, Sevilla, etc.

La mostra només fa referència a totes aquelles vies que transcorren dins les ciutats o pobles, o en travessies properes a aquestes, on la limitació de velocitat no supera el màxim genèric estipulat per a aquestes vies dins l'Estat Espanyol, que és de 50 km/h.

L'autor de la present tesi doctoral, ha tingut un especial interès professional amb la realització d'aquesta recerca : la introducció del coneixement pràctic de la comunitat de la Reconstrucció d'Accidents de Trànsit, en el debat acadèmic i científic.

Per això, com inici del que espera sigui una fructífera investigació futura, es presenta la variable evitabilitat aplicada als atropellaments en zona urbana. Aquesta variable té una transcendència en el debat professional de la la Reconstrucció d'Accidents de Trànsit, per a la determinació de responsabilitats penals i civils. És un dels temes claus de la seva existència.

VARIABLES RELLEVANTS I LES EXPLICATIVES I L'EVITABILITAT

Les variables rellevants per calcular l'Evitabilitat en un atropellament són les següents: A) Velocitat inicial del vehicle, velocitat d'impacte del vehicle, velocitat màxima de la via, velocitat màxima d'evitabilitat, i velocitat del vianant. B) Temps d'exposició al risc del vianant i temps de frenada a la velocitat del vehicle. C) Posició del vehicle en el moment de generació de la situació de risc, posició del vehicle en el moment d'inici de la maniobra de creuament del vianant i posició del vehicle en el moment del impacte. I D) Evitabilitat de l'atropellament a la velocitat inicial del vehicle i evitabilitat de l'atropellament a la velocitat màxima permesa.

El terme evitabilitat, defineix la potencialitat del subjecte conductor, per eludir el contacte entre un vehicle i un vianant exposat al risc, que es deriva de la interacció entri:

- Les posicions relatives i velocitat de desplaçament prèvies de vianant i vehicle.
- La capacitat perceptiva i reactiva del conductor.
- Les circumstàncies ambientals de l'entorn.

La definició categoritzada per variables, de la capacitat d'un conductor per eludir un atropellament en zona urbana té una utilitat evident: permet conèixer la influència com a variable aïllada de la velocitat inicial del vehicle i el pes exercit per la velocitat límit de la via, en la incapacitat per evitar un accident.

La concessió de un caràcter booleà a la variable evitabilitat, és encertada ja que la seva condició és evitable o no es evitable. Però com un accident pot ser no evitable i estar pròxim de ser evitable, s'ha considerat més precís al realitzar el anàlisi de regressió, treballar en una unitat de caràcter continu i no discret (booleà).

En aquesta recerca es dissenyen i són comprovats estadísticament els següents Índexs:

l'índex d'evitabilidad: IEV (%)

$$IEV = 100 \times TE / TSR_{mitjà} = \text{temps d'evitabilitat} / \text{temps situació de risc mitjà}$$

Si l'índex és superior a 100 ($IEV > 100$): **inevitable**/Si l'índex es inferior a 100 ($IEV < 100$): **evitable**

Com que es consideren dues velocitats, real i màxima de la via, es defineixen dos índex:

Índex de evitabilitat a velocitat del vehicle (o real):

$$IEV_{vel\ veh} = 100 \times TE_{vel\ veh} / TSR_{mitjà}$$

$$IEV_{vel\ veh} = 100 \times (F+G+0,25) / TSR_{mitjà}$$

Índex de evitabilitat a velocitat màxima de la via:

$$IEV_{vel\ max} = 100 \times TE_{vel\ max} / TSR_{mitjà}$$

$$IEV_{vel\ max} = 100 \times (F+H+0,25) / TSR_{mitjà}$$

MODEL ESTADÍSTIC EXPLICATIU (OBJECTIU, VARIABLES A EXPLICAR, MESURES RELATIVES, VARIABLES EXPLICATIVES, MODELS ESTADÍSTICS, EXPLORACIÓ VARIABLES)

A la recerca efectuada s'ha procedit a l'exploració, l'anàlisi i els resultats d'un model estadístic que explica diferents aspectes relacionats amb el concepte Evitabilitat dels Atropellaments a Vianants en zona urbana.

La modelització de l'Evitabilitat s'ha representat en tres mesures específiques determinades per tres variables: Evitabilitat, Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle i Índex d'Evitabilitat a Velocitat Màxima Permesa.

- Evitabilitat: És una variable dicotòmica on el esdeveniment que pren el valor 1 indica que l'atropellament era evitable sigui a la velocitat de desplaçament del vehicle o a la velocitat màxima permesa.
- Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle: Variable quantificada en percentatge que pren valors més grans a zero i que mesura el percentatge de temps necessari per aturar-se en funció de la velocitat de desplaçament del vehicle, respecte el temps restant per evitar l'atropellament. Valors més petits de 100% indiquen que l'esdeveniment era evitable i valors superiors a 100% que no ho era.
- Índex d'Evitabilitat a Velocitat Màxima Permesa: Variable similar a l'anterior però considerant la Velocitat Màxima Permesa.
-

Les sis (6) variables explicatives que expliquen en tots els casos les mesures relatives a l'Evitabilitat, són les següents:

- Velocitat de Circulació Inicial del Vehicle.
- Velocitat Màxima Permesa.
- Temps d'Exposició Risc del Vianant.
- Velocitat Màxima d'Evitabilitat.
- Velocitat Desplaçament del Vianant.
- Temps de Reacció del Conductor.

El models estadístics utilitzats depenen del tipus de variable a explicar.

Per la variable Evitabilitat, al ser de tipus dicotòmic (0/1), s'ha utilitzat un model de regressió logística que ha permès explicar l'efecte que té cadascuna de les variables explicatives sobre la variable resposta (Evitabilitat).

Per les altres dues variables a explicar, els Índex d'Evitabilitat, s'han utilitzat models de regressió lineal múltiple, necessaris per modelitzar variables numèriques contínues, el cas de les variables resposta (Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle i Índex d'Evitabilitat a Velocitat Màxima Permesa).

L'exploració de les variables aporta dades concloents: un 86,99% dels atropellaments greus en zona urbana no eren evitables a la velocitat inicial de desplaçament del vehicle. Un 91,90% dels atropellament no eren evitables a la velocitat màxima permesa.

Aquestes dades són molt reveladores : la velocitat de circulació habitual en zona urbana i l'opció de circular a una velocitat màxima permesa concreta, produeixen un entorn on les possibilitats d'evitar un atropellament greu en zona urbana està contingut en un rang de percentatge molt baix, entre el 8-13%.

La mitja de velocitat d'un vehicle participant en un atropellament greu, es de 38,43 km/h i la velocitat mitja màxima d'evitabilitat és de 14,47 km/h.

És evident que per apaivagar els atropellaments en zona urbana és imprescindible reduir la mitjana de 38,43% i aproximar-la tot el que sigui possible a la mitjana de 14,47 km/h resultant del càlcul de la velocitat màxima d'evitabilitat.

En un 50% dels accidents que no eren evitables, la velocitat no és la causant directa de la col·lisió, ja que el temps disponible per evitar l'atropellament, era menor al temps de reacció exigible al conductor. Aquests atropellaments tenen molt poc temps de generació de risc, ja que l'acció del vianant al sortir a la calçada i produir-se la col·lisió, són quasi simultànies.

Malgrat la velocitat no és causa directa en un 50% dels accidents que no eren evitables, un descens de la seva mitjana de velocitat, sempre reduiria l'energia alliberada en l'impacte i per tant repercutiria en un descens de la gravetat de les lesions.

Malgrat que al 50% dels atropellaments que no eren evitables, la velocitat no és la causant directa de la col·lisió, el 50% restant -un 45% del total d'atropellaments analitzats- si que si són sensibles a una reducció de la mitja de la velocitat.

PRIMER MODEL: MODEL PER L'ÍNDEX D'EVITABILITAT A VELOCITAT INICIAL DEL VEHICLE. (VARIABLE A EXPLICAR, VARIABLES EXPLICATIVES, BONDAT DE L'AJUST, EFECTE DE LES VARIABLES EXPLICATIVES SOBRE LA VARIABLE RESPOSTA)

La variable a explicar és el Log (Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle) i les variables explicatives : Velocitat Circulació Vehicle, Log (Temps Situació Risc) i Velocitat Vianant.

Podem afirmar que amb aquest model de relació lineal i amb les variables explicatives, explicuem un 91.10% de la variabilitat de l'Índex d'Evitabilitat a Velocitat Vehicle.

La Velocitat Circulació Vehicle (Efecte ampliador de l'Índex): Amb una confiança del 95% podem dir que 10 km/h més de velocitat de circulació va associat a un augment en mitjana d'entre 0,05 i 0,06 en el logaritme de l'índex d'evitabilitat per valors fixes de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex augmenta entre un 12,2% i un 14,8%).

La Velocitat Vianant (Efecte ampliador de l'Índex): Amb una confiança del 95% podem dir que un m/s més en la velocitat vianant va associat a un augment en mitjana d'entre 0,008 i 0,033 en el logaritme de l'índex d'evitabilitat per valors fixes de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex augmenta entre un 1,86% i un 7,89%).

Log Temps Generació Situació Risc (Efecte reductor de l'Índex): Amb una confiança del 95% podem dir que un augment d' 1 en el logaritme del temps de situació de risc va associat a una disminució en mitjana d'entre -0,976 i -0,913 en el logaritme de l'índex d'evitabilitat per valors fixes de les altres variables explicatives (Si multipliquem per 2 el temps en generar la situació de risc, l'índex es veu reduït entre un 46.9% i un 49.2%).

El model prediu que l'augment de la velocitat disminueix les possibilitats d'evitar l'atropellament, 10 Km/h menys significa un descens d'entre un 12,2% i un 14,8% de l'índex d'evitabilitat i per tant més pròxim a l'evitabilitat. Si la velocitat inicial baixa, augmenta la proximitat d'evitar l'accident. Per cada km/h menys, augmenta entre un 1,14% i un 1,37%. Si la velocitat mitjana descendís 20 km/h, els atropellaments greus ho farien en un 31,8 %.

Existeix un efecte no mesurat del descens de la velocitat: els atropellaments on, tot i desaccelerant, no hi ha temps per evitar la col·lisió, des d'una velocitat inicial menor, l'energia que s'alliberarà en la col·lisió també ho serà i els resultats lesius menys greus.

L'augment de la velocitat del vianant, disminueix la probabilitat de que el atropellament sigui evitable, un segon augmenta entre 1,86% i 7,89% les probabilitats de ser atropellat. Aquest efecte està relacionat amb l'escurçament del temps de generació de Risc.

L'augment del Log Temps Generació Situació Risc, també augmenta la probabilitat de que el atropellament sigui evitable. L'augment d'1 en el logaritme de temps de situació de risc, és equivalent a multipliquem per 2 el temps en generar la situació de risc, la probabilitat de ser atropellat disminueix entre un 46.9% i un 49.2%).

SEGON MODEL: MODEL PER L'ÍNDEX D'EVITABILITAT A VELOCITAT MÀXIMA PERMESA (VARIABLE A EXPLICAR, VARIABLES EXPLICATIVES, BONDAT DE L'AJUST, EFECTE DE LES VARIABLES EXPLICATIVES SOBRE LA VARIABLE RESPOSTA)

La variable a explicar és el Log (Índex d'Evitabilitat a Velocitat Màxima) i les variables explicatives: Velocitat Circulació Vehicle, Velocitat Màxima Permesa, Log (Temps Situació Risc), Velocitat Màxima d'Evitabilitat i Velocitat Vianant.

Podem afirmar que aquest model de relació lineal i les variables explicatives, expliquem un 96.4% de la variabilitat de l'Índex d'Evitabilitat a Velocitat Màxima Permesa.

La Velocitat de Circulació del Vehicle (Efecte reductor de l'índex): Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més de velocitat de circulació va associat a una disminució en mitjana entre 0 i 0,001 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixes de les altres variables explicatives (l'índex es redueix entre pràcticament res i un 0,23%).

La Velocitat Màxima Permesa (Efecte ampliador de l'Índex): Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més de velocitat màxima permesa augmenta la probabilitat de ser atropellat amb pronòstic greu. la mitjana continguda entre 0,005 i 0,007 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixes de les altres variables explicatives (l'índex augmenta fins 1,16% i 1,62%. Si augmenta 20 km/h, puja fins a 25,9% i 38,0%).

Existeix un efecte no mesurat de l'augment de la velocitat: els atropellaments on no hi ha temps per evitar la col·lisió tot i desaccelerant, des d'una velocitat inicial superior l'energia que s'alliberarà en la col·lisió també ho serà i els resultats lesius augmentaran.

El Log (Temps Situació Risc) (Efecte reductor de l'Índex): Un augment d' 1 en el logaritme del temps de situació de risc va associat a una disminució en mitjana continguda entre 0,826 i 0,889 en el logaritme de l'índex d'evitabilitat per valors fixes de les altres variables explicatives. Si augmenta el temps d'exposició al risc del vianant, es produeix un descens de la probabilitat de ser atropellat, motivat per l'augment del temps del que disposa el conductor per finalitzar l'acció de frenada. (Podem dir aproximadament que si multipliquem per 2 el temps en generar la situació de risc, l'índex es veu reduït entre un 43.6% i un 46%).

La Velocitat Màxima d'Evitabilitat (Efecte reductor de l'Índex). Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més de velocitat màxima d'evitabilitat disminueix la mitjana continguda entre 0,001 i 0,002 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixes de les altres variables explicatives (l'índex es redueix entre 0,23% i 0,46%).

La Velocitat Vianant (Efecte ampliador de l'Índex). Amb una confiança del 95% podem dir que un km/h més de velocitat vianant va associat a un augment en mitjana continguda entre 0,004 i 0,023 en el logaritme del % de l'índex d'evitabilitat per valors fixes de les altres variables explicatives (és a dir, l'índex augmenta entre un 0,92% i un 5,44%).

TERCER MODEL: L'EVITABILITAT (VARIABLE A EXPLICAR, VARIABLES EXPLICATI-VES, BONDAT DE L'AJUST, EFECTE DE LES VARIABLES EXPLICATI-VES SOBRE LA VARIABLE RESPOSTA)

La variable a explicar és l'Evitabilitat (Dicotòmica) i les variables explicatives: Velocitat Circulació, Temps Situació Risc, Velocitat Vianant i Temps Reacció Conductor_REC.

Podem afirmar que amb aquest model de relació logística i amb aquestes variables explicatives, expliquem un 91,94% de la variabilitat de l'Evitabilitat i que el model classifica un 95,7% de casos de forma correcta.

Velocitat Circulació Vehicle (Efecte reductor de l'Evitabilitat): Amb una confiança del 95% podem dir que 10 km/h més en la Velocitat Vehicle va associat a una reducció de la probabilitat de ser evitable. En concret, l'avantatge de probabilitat de Evitable sobre No Evitable queda multiplicada per un valor entre 8.71 i 9.57.

Velocitat Vianant (Efecte reductor de l'Evitabilitat): Amb una confiança del 95% podem dir que 1m/s més en la Velocitat Vianant va associat a una reducció de la probabilitat de ser evitable. En concret, l'avantatge de probabilitat de Evitable sobre No Evitable queda multiplicada per un valor entre 0.001 i 0.05. Reducció molt forta.

En els accidents evitables, el vianant circulava a 0,3 m/s més lent que en els no evitables (un 21-36% més lent). El conductor disposava de més temps per desaccelerar i més espai per desenvolupar maniobra d'esquiva.

Temps Generació Situació Risc (Efecte ampliador de l'Evitabilitat): Amb una confiança del 95% podem dir que un segon més de TGSR va associat a un augment de la probabilitat de ser evitable. En concret, l'avantatge de probabilitat de Evitable sobre No Evitable queda multiplicada per 15.4 i 317.7. Efecte ampliador fort.

Els accidents evitables tenen una mitjana de temps de Generació de Risc de 2,18 segons més que els no evitables. El conductor disposava de més temps per frenar o esquivar al vianant.

Temps Reacció Conductor dicotòmica (Efecte reductor de l'Evitabilitat): Amb una confiança del 95% podem dir que el fet de que el temps reacció conductor sigui 1 segon més va associat a una disminució de la probabilitat de ser evitable. En concret, l'avantatge de probabilitat de Evitable sobre No Evitable queda multiplicada per un valor entre 0.003 i 0.11 i per tant es redueix. Efecte reductor molt fort.

Els models finals realitzats en aquesta recerca pel que fa a les tres mesures relatives a l'Evitabilitat ens expliquen una variabilitat per l'Índex d'Evitabilitat a la velocitat del vehicle una variabilitat del 91,10%, per l'Índex d'Evitabilitat a la velocitat màxima permesa del .96,4 i per l'Índex d'Evitabilitat del 91,94%.

PROPOSTES DE CONTINUÏTAT PER NOVES LÍNIES DE RECERCA (ESPECÍFIQUES SOBRE L'EVITABILITAT DELS ATROPELLAMENTS, SOBRE L'EVITABILITAT EN GENERAL I DE CARACTER GENERAL REFERIT AL CAMP DE LA RECONSTRUCCIÓ D'ACCIDENTES)

Pel que fa al caràcter específic sobre la incidència de variables rellevants en la variabilitat de l'evitabilitat als atropellaments:

- Dissenyar un model estadístic que desenvolupi un índex de la velocitat màxima teòrica de l'evitabilitat.
- Investigar sobre la distribució experimentada per la velocitat de circulació del vehicle i detectar quines variables son més significatives per establir la diferència entre velocitat mitjana del vehicle i velocitat mitjana d'evitabilitat. (Per evitar atropellaments en zona urbana és necessari apaiavagar la velocitat mitjana de circulació prèvia a un atropellament).
- Investigar quantitativament els factors que produeixen que, l'allargament del temps d'exposició al risc del vianant, augmenti la probabilitat d'evitar l'atropellament.
- Investigar la importància de la velocitat de desplaçament del vianant i el punt on està situat transversalment quan és detectat pel conductor.

Pel que fa a la incidència de variables en la variabilitat de l'evitabilitat en general.

- Estudiar la sensibilitat que té l'evitabilitat a la influència d'altres variables relacionades amb l'entorn, per exemple: la intensitat lumínica, la intensitat de la mitjana de vehicles, la quantitat i posicionament del mobiliari urbà, etc.

Pel que fa al caràcter general, de potencials línees de investigació sobre la reconstrucció d'accidents de trànsit.

- Estudiar amb rigor el mètode de càlcul del tir parabòlic, especialment pel que fa a les altures i els angles de sortides de vianants o pilots de vehicles projectats, així com la interrupció de la paràbola abans de la seva finalització i quin seria el mètode de càlcul estandarditzat per dimensionar l'energia que es dissipa.
- Estudiar com influeix en la jerarquia de presa de decisions, la diferència de temps de maniobrabilitat aplicada als canvis de carril dels vehicles de dues rodes en relació a la resta d'usuaris. I, com afecta a l'accidentalitat associada a les colisions frontolaterals, laterals i d'atrapament.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- A E Carretera. (2007). *Proyecto MEPP: Mejora de la percepción de los peatones en los pasos de cebra*. Madrid.
- AAAM. (2011). Consultat el 2013, a Association for the Advancement of Automotive Medicine: <http://www.aaam.org/about-ais.html>
- ACTAR. (2013). Consultat el 03 / 12 / 2013, a Accreditation Commission for Traffic Accident Reconstruction: www.actar.org
- Administration, F. H. (2003). *Trends and Conditions: Transportation System Bike and Pedestrian*. Recollit de <http://www.dot.state.fl.us/planning>
- Alba, J. M. (2001). *Accidentes de tráfico: manual básico de investigación y reconstrucción*. Universidad de Zaragoza: Grupo de Seguridad Vial y Accidentes de Tráfico.
- Álvarez, F. (1996). *Seguridad vial y medicina de tráfico*. Barcelona: Masson.
- Anderson, P. B. (2006). Alcohol in Europe. Conclusions and Recommendations. *European Commission*, (p. 397-418). Brussels.
- Andreu, M. (Noviembre / 2002). *Barcelona. Metròpolis mediterrània*. Consultat el 2013, a Dos siglos de transporte colectivo al servicio de Barcelona: http://www.bcn.cat/publicacions/b_mm/bmm_transporte/bmm_transport_58.htm
- Ashton, S. M. (1979). *Benefits from Changes in Vehicle Exterior Design - Field Accident and Experimental Work in Europe*. SAE Technical paper.
- Aure. (2009). *Manual básico de reconstrucción de accidentes*. Madrid.
- Balbo, M. J. (2003). *La Ciudad Inclusiva*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Ballesteros, S. (2000). *Psicología General. Un enfoque cognitivo para el siglo XXI*. Madrid: Editorial Universitas.
- Banc Mundial. (2002). *Cities on the move: A World bank urban transport strategy review*.
- Barber, C. (1994). Psychological aspects of conventional in-car warning devices. *Human Factors in Alarm Design* (p. 193-205). London: Taylor & Francis.
- Batista, M. (2010). *Some Methods of Estimating Uncertainty in Accident Reconstruction*. University of Ljubljana, Slovenia: Faculty of Maritime Studies and Transport.
- Benevolo, L. (1993). *La ciudad europea*. La construcción de Europa.
- Bermúdez, J. (2008). *Análisis biomecánico del atropello y su aplicación en el desarrollo de tecnologías de seguridad vehicular*. Cuadernos de valoración. Vol. 7. Sociedad Española de Valoración del Daño Corporal.

- Brach, R. (2005). *Vehicle Accident Analysis and Reconstruction Methods*. SAE International.
- Brandan, N. C. (2007). *Hormonas hipotalàmicas e hipofisarias*. Corrientes, Argentina: UNNE, Càtedra de Bioquímica.
- Breese, G. (1968). *La urbanización en los países de desarrollo creciente*. México.
- Bridge, G. W. (2002). *A Companion to the City*. Blackwell Publishers.
- Cabrerizo, J. A. (2014). Anàlisi metodològic de la evitabilitat potencial de los atropellos realizados por vehículos de tracción mecánica a peatones en zona urbana. *Departament Enginyeria Mecànica, Fluids i Aeronàutica de la UPC*.
- Cabrerizo, J. (2003). *Accidents de trànsit a l'entorn laboral*. Barcelona: Servei Català de Trànsit. Quaderns de trànsit.
- Calafat, A. A. (2008). Relación del consumo de alcohol y drogas de los jóvenes españoles con la siniestralidad vial durante la vida recreativa nocturna en tres comunidades autónomas en 2007. *Revista Española de Salud Pública*.
- Campón, J. S. (2008). La Reconstrucción de Accidentes: El atropello de Peatones. *STA. Revista de la Sociedad de Técnicos de Automoción*, 9-14.
- Capel, H. (1975). La definición de lo urbano. *Estudios Geográficos n°138-139*.
- Cardwell, D. (1996). *Historia de la tecnología*. España: Alianza Editorial.
- Carreras, I. P. (2012). Les tendències mundials i els seus impactes a les grans metròpolis. *Informe de la Comissió de Prospectiva 2011 del Pla Estratègic Metropolità de Barcelona*. Barcelona.
- Castells, M. (1995). *La ciudad informacional. Tecnologías de la Información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional*. Madrid: Alianza.
- Castells, M. (2001). *La Era de la información. La Sociedad Red*. Madrid: Siglo XXI.
- Castro, P. E. (2003). ¿Qué es una ciudad? Aportaciones para su definición desde la Prehistoria. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*.
- Ceballos, M. (2011). *Atropellos en el entorno urbano. Investigación y reconstrucción de accidentes*. Barcelona.
- Cebrián, J. L. (2000). *La Red: cómo cambiarán nuestras vidas los nuevos medios de comunicación*. Madrid: Suma de Letras S.L, Maya.
- CESVIMAP. (2006). *Manual de Reconstrucción de Accidentes de Tráfico*.
- Chisvert, M. (2000). *Calidad y representatividad de los datos de accidentes de tráfico: Revisión, estudio del caso español y desarrollo de propuestas para la mejora de los sistemas de recogida y tratamiento de la información sobre accidentalidad*. València: Universitat de València. Estudi General.

- Christaller, W. (1933). *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena: Gustav Fischer.
- Circula Seguro. (2013). Consultat el 2013, a La diferencia entre un accidente y su posibilidad (3): la decisión: <http://www.circulaseguro.com/la-diferencia-entre-un-accidente-y-su-posibilidad-3-la-decision/>
- Clapham, J. (1939). *An Economic History Of Modern Britain 1820 1850*. London: Cambridge University Press.
- Clavijo, L. (Junio / 2012). *Assu2000*. Recollit de El efecto submarino y el uso correcto del cinturón: <http://www.assu2000.es/noticias/noticias-seguros-moto/consejos-moto/conduccion/efecto-submarino-uso-correcto-cinturon.html>
- Conchillo, A. N. (1999). Estimación de la velocidad de un automóvil mediante coche real e imágenes. *II Congreso Iberoamericano de Psicología* (p. 1-12). Universidad Complutense. Madrid: Dirección General de Tráfico.
- Consiglio, W. D. (2001). *Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response*. Miami University, 202G Phillips Hall, Oxford, OH 45056, USA: Department of Physical Education, Health and Sport Studies.
- Corbusier, L. (1943). *La Charte d'Athènes*. París.
- Cortés, M. (1995). A propósito de la conducción de automóviles en la vejez. *Revista Española de Salud Pública*, 189-193.
- Crane, R. (2000). The Influence of Urban Form on Travel: An Interpretive Review. *Journal of Planning Literature*, 3-23.
- Cross, I. C. (1998). *International Review of The Red Cross*.
- Damián, J. P. (Junio / 2006). *Epidemiología de la degeneración macular asociada con la edad. Situación en España*. Consultat el 2013, a Atención Primaria: <http://zl.elsevier.es/es/revista/atencion-primaria-27/epidemiologia-degeneracion-macular-asociada-edad-situacion-esp%C3%B1a-13090016-formacion-continuada-2006>
- De Mattos, C. (1992). Hacia una nueva planificación para la transición al Postfordismo. *Documento del Instituto de Estudios Urbanos PUC*. Santiago de Chile.
- Delhomme, P. (2009). *Manual for designing, implementing, and evaluating road safety communication campaigns: Part I*. Institut Belge pour la Sécurité Routière.
- DGT. (2009). *Cinturón de Seguridad. Sistemas de retención infantil*. Madrid: INTRAS.
- DGT. (2008). *El alcohol y la conducción*. Madrid: INTRAS.
- DGT. (2011). *Las consecuencias del accidente. Consecuencias económicas y sociales*. Madrid.
- DGT. (2005). *Los accidentes de circulación: Concepto de accidente de circulación. Sus clases. Definiciones*. Temario Específico ESTT-OEP.

- DGT. (2011). *Pedagogía y Psicología aplicada a la conducción*. Ministerio del Interior: Área de Formación y Comportamiento de Conductores.
- DGT. (2011). *Principios de Biomecánica del Accidente de Tráfico*. Temario Específico de la ESTT-OEP.
- DGT. (2010). *Siniestralidad Vial*. Madrid: DGT, Observatorio Nacional de Seguridad Vial.
- DIBA. (2009). *Implantació del pas de vianants a les travesseres urbanes*. Barcelona: Direcció de Comunicació de la Diputació de Barcelona.
- Dijk, D. C. (1995). *Contribution of the circadian pacemaker and the sleep homeostat to sleep propensity, sleep structure, electroencephalographic slow waves, and sleep spindle activity in humans*. J. Neurosci.
- Dinesh Mohan, G. T. (sense data). *Road traffic injury prevention training manual*.
- Dräger. (2001). *Manual de Análisis de Alcohol en el aire espirado*.
- Dupuy, G. (1991). *El urbanismo de las redes, teorías y métodos*. París: Armand Collin.
- Dutour, T. (2005). *La ciudad medieval: orígenes y triunfo de la Europa urbana*. Buenos Aires: Paidós.
- EC. (2006). *Commission Recommendation of 21 December 2005 on safe and efficient in-vehicle information and communication*. A European statement of principles on human machine interface.
- Education, M. G. (2010). *Fisiología de la visión*. Mc Graw Hill.
- Edutransito. (2010). *Manual Prevención de Accidentes de Tránsito*. Valparaíso. Chile: Programa de Prevención en Seguridad de Tránsito.
- Egea, A. (2010). *El comportamiento humano en conducción: factores perceptivos, cognitivos y de respuesta*. Universidad de Murcia.
- Engels, F. (1891). *El origen de la familia, la propiedad privada y el Estado*. Universidad Complutense de Madrid: Biblioteca de Autores Socialistas.
- Estevan, A. (junio / 2001). *Los accidentes de automóvil: una matanza calculada*. Consultat el 2013, a Ciudades para un futuro sostenible: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n19/aaest2.html>
- Eubanks, J. (1994). *Pedestrian Accident Reconstruction*. Lawyers & Judges Publishing Company.
- Europa.edu. (2013). *European Road Safety Day, dedicated to reducing pedestrian fatalities in urban areas*. Brussels: European Commission.
- Ferreira, A. (2009). *Favelas no Rio de Janeiro: nascimento, expansão, remoção e, agora, exclusão a través de muros*. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, Vol. XIV, n° 828*.

- Font, A. L. (1999). *La construcció del territori Metropolità. Morfogènesi de la regió urbana de Barcelona*. Barcelona.
- Forstall, R. G. (2009). *Which are the largest? Why lists of major urban areas vary so greatly*. Royal Dutch Geographical Society KNAG.
- Forum, I. T. (2009). *Peatonos: seguridad vial, espacio urbano y salud*. París.
- Frame, G. (1999). *Traffic Management and Road Safety in World Bank Projects in Chinese Cities: A Review*. Washington, DC: Banco Mundial.
- François, D. (2007). *Método de Searle Parte I*. Montevideo.
- Gabaix, X. (1999). Zipf's Law for Cities: An Explanation. *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 114, núm. 3, 739-767.
- Gálvez, R. (2011). *Simulación de un atropello mediante LS-DYNA*. Universidad Carlos III de Madrid: Escuela Politécnica Superior. Departament de Ingenieria Mecánica.
- García, C. (12 / Junio / 2007). *El transporte. Recollit de Historia del Ferrocarril*: <http://carlosggtransporte.blogspot.com.es/2007/06/historia-del-ferrocarril.html>
- Gardner, J. (November / 2011). *Break a leg: Analyzing vehicle-pedestrian collisions*. Consultat el 2013, a Advocate Journal of the Consumer Attorneys Association of Los Angeles (CAALA): <http://www.meaforensic.com/vehicle-pedestrian-collisions-accident-reconstruction-expert-witness/>
- Garnier, T. (1901). *Scribd*. Consultat el 2013, a La Ciudad Industrial de Tony Garnier: <http://es.scribd.com/doc/54296589/La-Ciudad-Industrial-de-Tony-Garnier>
- Gehl, J. (1987). *Life between buildings*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- GENCAT. (2002). *Guia per a la prevenció i el control de les encefalopaties espongiiformes transmissibles*. Barcelona: Quaderns de Salut Pública.
- Geopress. (2009). *La urbanización en España. La formación del sistema urbano español*.
- Gibrat, R. (1931). *Les Inégalités économiques*. Paris.
- Gibson, J. (1950). *La percepción del mundo visual*. Buenos Aires: Infinito.
- Glass, D. S. (1972). *Urban stress: Experiments on noise and social stressors*. San Diego: Academic Press.
- Gómez-Jiménez, M. L. (2004). Ciudades en red y redes de ciudades. *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales* .
- González, J. V. (2004). *Manual de aspectos médicos relacionados con la capacidad de conducción*. Madrid: Dirección General de Tráfico.

- Haddon, W. (1980). Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Reports*, 411-421.
- Hall, P. (1984). *The world cities*. London: Weidenfield & Nicholson.
- Harmati, I. V. (2007). *Identification of Energy Distribution for Crash Deformational Processes of Road Vehicles*. Budapest University of Technology and Economics: Acta Polytechnica Hungarica .
- Harvey, D. (1979). *Urbanismo y desigualdad social*. Barcelona: Siglo XX Editores.
- Hernando, J. (1989). *Arquitectura en España 1770-1900*. Madrid: Cátedra.
- Híjar, M. (2000). *El crecimiento urbano y sus consecuencias no planeadas. El caso de los atropellamientos*. México, D.F.
- Holzapfel, H. (1997). *Autonomie statt Auto - Zum Verhältnis von Lebensstil, Umwelt und Ökonomie am Beispiel des Verkehrs*. Bonn: Economica Verlag GmbH.
- Hopkins, K. (2009). The Political Economy of the Roman Empire. A I. S. Morris, *The Dynamics of Ancient Empires* (p. 178-204). Oxford University Press, Inc.
- Houtenbos, M. (2009). *Interacting drivers at intersections: What can make them more safe and more efficient?* The Netherlands: SWOV Institute for Road Safety Research.
- Howard, E. (1902). *Ciudades jardín del mañana*.
- Ibermutuamur. (10 / 11 / 2009). *Seguridad y Salud Laboral Ibermutuamur*. Consultat el 2013, a http://www.seguridadysalud.ibermutuamur.es/IMG/pdf/CONDICIONES_DEL_CONDUCTOR.pdf
- ID-Consortium. (9 / Octubre / 2013). *Crucial passive safety measures to save lives*. Recollit de IDconsortium: <http://www.idconsortium.es/node/1976>
- Illich, I. (1974). *Energy and equity*. Londres.
- Irureta, V. (2003). *Accidentología vial y pericia. Tercera edición*. Ediciones la Roca.
- Irwin, D. (1964). *Los Peligros de la Velocidad Excesiva en las Carreteras*. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana.
- Isoba, M. (2002). *Manual Para La Conducción Segura*. Dosmildos Editora.
- IST-World. (3 / 31 / 2009). *Advanced Protection Systems (APROSYS)*. Recollit de IST-World: <http://www.ist-world.org/ProjectDetails.aspx?ProjectId=d7dda1f8334e49ff9d37f8f84bbf1767&SourceDatabaseId=7cff9226e582440894200b751bab883f>
- Jacobs, J. (1961). *Death and life of the great american cities*.

- Jhoanna, L. H. (2009). Formulació Matemàtica de alguns models físics utilitzats en la Reconstrucció de un esdeveniment de trànsit i les consideracions per a la seva implementació. *Scientia et Technica* Any XV, No 43, (p. 199-203). Universitat Tecnològica de Pereira.
- Jouvencel, M. (1999). *Biocinètica del accident de tràfic: Introducció al anàlisi cinemàtic de les lesions per fets de la circulació*. Madrid: Edicions Díaz de Santos.
- Jürgens, O. (1992). *Ciutats espanyoles: el seu desenvolupament i configuració urbanística*. Institut de Administració Local.
- Keskinen, E. R. (2003). *Comparison of young male and female drivers' attitude and self-reported traffic behaviour in Finland in 1978 and 2001*. Helsinki: J Safety Res.
- Kiser, C. V. (1967). *Estudios de Demografía*. Buenos Aires: Milbank Memorial Foundation.
- Klein, H. S. (2004). *A Population History of the United States*. Cambridge University Press.
- Kreamer, K. (2005). *An analysis of Pedestrian-Vehicular crashes near Public Schools in the city of Baltimore, Maryland*. Baltimore: Department of Civil and Environmental Engineering.
- Ledesma, M. (2001). *Mètodes de visualització estadística aplicats al processament de dades provinents de accidents de tràfic*. Universitat de València: Departament de Metodologia de les Ciències del Comportament.
- León, A. (2013). Relative velocity. A A. León, *Digital relativity. A digital reinterpretation of the special theory of relativity* (p. 89-95). Interciencia.
- Lillo, J. (1995). Flujo óptico y conducción: características generales y velocidad percibida. *Anuario de Psicología*, (p. 1-14). Universidad Complutense de Madrid.
- Limpret, R. (1999). *Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis. Fifth Edition*. Lexis Publishing.
- Lizundia, F. (Gener / 2008). *Proteger al peatón frente a los 4x4*. Consultat el 2013, a El Mundo: <http://www.elmundo.es/suplementos/motor/2008/379/1199520667.html>
- Loftus, E. (1974). Reconstruction of Automobile Destruction: An Example of the Interaction Between Language and Memory. *Journal Of Verbal Learning And Verbal Behavior*, (p. 585-589). University of Washington.
- López, C. M. (2009). Simulación de accidentes laborales mediante síntesis de movimiento con humanos virtuales. *12th International Conference on Project Engineering*, (p. 1580-1589). Universidad de Zaragoza.
- López, J. G. (2004). Factores de riesgo cardiovascular en el ritmo circadiano del infarto agudo de miocardio. *Revista Española de Cardiología*.
- López-Muniz, M. (2000). *Accidentes de Tráfico. Problemática e Investigación*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

- Lorente, E. F. (2004). *Conductores ancianos y con daño cerebral en España. II CINI: SÍNDROMES NEUROPSICOLÓGICOS ESPECÍFICOS*.
- Lorente, J. R. (1990). *Física. Tomo 1*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Lozano, J. (1996). *Modelo teórico para la reconstrucción de accidentes de tráfico por ordenador*. Universidad Politécnica de Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Luque, P. Á. (2003). *Investigación de Accidentes de Tráfico. Estudio del automóvil*. Universidad de Oviedo: Servicio de Publicaciones.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Cambridge: MIT Press.
- Macpherson, A. I. (1998). Children's Exposure to Traffic and Pedestrian Injuries. *American Journal of Public Health*, 1840-1843.
- Martin, D. (3 / Desembre / 2009). Hugh Hurt Jr., Engineer Who Studied Motorcycle Accidents, Dies at 81. *The New York Times*.
- Martín, S. (2012). *Estudio multiriesgo de los accidentes y lesionados por tráfico en la Comunidad Valenciana*. Univesitat de València: INTRAS.
- Marx, K. i. (1996). *La Ideología Alemana*. La Habana: Edición Revolucionaria.
- Máximo, A. A. (2000). *Física general: con experimentos sencillos*. Oxford University Press Harla Mexico.
- McLean, A. A. (1994). *Vehicle Travel Speeds and The Incidence of Fatal Pedestrian Collisions*. NHMRC Road Accident Research Unit The University of Adelaide: Federal Office of Road Safety.
- Meinken, K. (2007). *WATCH-OVER - The concept of a cooperative system for vehicle to vulnerable road users communication*. University of Stuttgart: Steinbeis Research Institute Wireless Communications.
- MOBAL. (31 / 5 / 2013). *Dia Mundial de la Seguretat Viària dedicat als vianants*. Recollit de Xarxa MOBAL: Mobilitat Local. Àrea de Territori i Sostenibilitat. Diputació de Barcelona: http://xarxamobal.diba.cat/XGMSV/cat/actualitat/actualitat_noticia.asp?codi=289
- Modelski, G. (2003). *World Cities: -3000 to 2000*. Washington DC: Faros 2000.
- Montoro, L. (2000). *Manual de seguridad vial: el factor humano*. Barcelona: Ariel.
- Moreno, V. (27 / Octubre / 2010). *Ciències Socials en xarxa*. Consultat el Març / 2013, a El blog de la Història, la Geografia i la Història de l'Art: <http://blogs.sapiens.cat/socialsenxarxa/etiqueta/segona-revolucio-industrial/page/2/>
- Moreno, V. (2011). *Ciències Socials en xarxa*. Recollit de Creixement demogràfic i moviments migratoris al segle XIX: <http://blogs.sapiens.cat/socialsenxarxa/2010/10/26/creixement-demografic-i-moviments-migratoris-al-segle-xix/>

- MSC. (2008). Prevención de los problemas derivados del alcohol. *Conferencia de prevención y promoción de la salud en la práctica clínica en España*. Madrid.
- MSSSI. (2003). *Módulo 3: Drogas, conducción de vehículos y accidentes de tráfico*.
- Mumford, L. (1961). *The city in history*. New York: Harcourt.
- Murray, C. M. (2004). *Graph Interaction through Force-Based Skeletal Animation*. Proc. Australasian Symp. on Information Visualisation.
- Murrieta, M. C. (2012). *Investigación y Reconstrucción de Atropellos*.
- Nations, U. (2008). An overview of urbanization, internal migration, population distribution and development in the world. *United Nations Expert Group Meeting on Population Distribution* (p. 1-34). New York: Department of Economic and Social Affairs.
- Nations, U. (2000). *World Population Monitoring 1999: Population growth, structure and distribution*. United Nations publication, Sales No. E.00.XIII.4.
- Nicolás, A. (2001). *Atestado y Reconstrucción de Accidentes*. Córdoba: Comisión de Derecho de la circulación, responsabilidad civil y seguros, Ilustre Colegio de Abogados de Córdoba.
- Nikos, A. (2005). *Teoría de la Red Urbana*. Principles of Urban Structure. Design Science Planning.
- Nilsson, G. (2000). *Hastighetsförändringar och trafiksäkerhetseffekter "Potensmodellen"*.
- NM, R. (19 / Agost / 2013). *Noticias Montreal*. Consultat el Octubre / 2013, a Aumentan accidentes de tránsito fatales causados por distracciones: el celular es señalado como uno de los responsables: <http://noticiasmontreal.com/108414/aumentan-accidentes-de-transito-fatales-causados-por-distracciones-el-celular-es-senalado-como-uno-de-los-responsables/>
- Nunes, L. S. (2008). *Psicología aplicada a la conducción*. Madrid: Dirección General de Tráfico.
- OCDE. (1992). *Cities and New Technologies. Délégation Interministerielle á la Ville et au Développement Social Urbain*. París: OCDE, URBA 2000.
- OCDE/CEMT. (2006). *Getión de la velocidad*. International Transport Forum.
- OEP-ESTT. (2011). *Las consecuencias del accidente. Consecuencias económicas y sociales. Las víctimas Conceptos y tipologías de víctimas*. Grupo de Materias Generales.
- Olona, A. (2008). *Investigación en la protección de peatones a partir del estudio en profundidad de accidentes de tráfico*. Zaragoza: Centro Zaragoza de Investigación.
- OMS. (2002). *Estrategia quinquenal de la OMS para la prevención de lesiones por accidentes de tráfico. Accidentes de tránsito - prevención y control*. Ginebra: Catalogación por la Biblioteca de la OMS.
- OMS. (2004). *Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito*. Washington, D.C.: Publicación Científica y Técnica No. 599.

- OMS. (2009). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de pasar a la acción*. Ginebra.
- ONU. (2004). *World Urbanization Prospects*. Department of Economic and Social Affairs.
- O'Riordan, K. T. (2003). Reconstruction of real world head injury accidents resulting from falls using multibody dynamics. *Science Direct*, 590-600.
- Ortega, A. (2003). *Revisión crítica sobre el síndrome del latigazo cervical (II): ¿cuánto tiempo tardará en curar?* Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud. Universidad Rovira i Virgili: Cuadernos de Medicina Forense Nº 34.
- Ortego, L. M. (20 / mayo / 2012). *Tecmovia*. Recollit de Las ciudades en la era del automóvil: 1950 – 1975: <http://www.tecmovia.com/2012/05/20/las-ciudades-en-la-era-del-automovil-1950-1975/>
- Owen, W. (1959). *The cities in the motor age*. Hartford: Viking.
- Panero, J. Z. (1996). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Naucalpan, México: G. Gili, S.A. de C.V.
- Patricio, J. (2007). *La ciudad ideal de Leonardo*. Universidad Adolfo Ibáñez.
- PEDSAFE. (Agosto / 2013). *Pedestrian Safety Guide and Countermeasure Selection System*. Consultat el 2013, a Prepared for the Federal Highway Administration, Office of Safety: http://www.pedbikesafe.org/PEDSAFE/guide_statistics.cfm
- Pendola, R. (2012). *Consequences of Urban Sprawl*. Consultat el 2013, a eHow: http://www.ehow.com/list_5970002_consequences-urban-sprawl.html
- Peña, A. F. (2006). *Capós de nueva tecnología*. CESVIMAP (Centro de Experimentación y Seguridad Vial MAPFRE).
- Peñalosa, E. (2006). *El papel del transporte en una política de desarrollo urbano*. Eschborn, Alemania: Deutsche Gesellschaft für.
- Pequerul, G. (2011). *Análisis de la mecánica lesional de un atropello*. Centro Zaragoza de Investigación.
- Pérez, C. R. (2003). *Infants i Adolescents. Lesionats per accident de trànsit a Barcelona*. Institut de Medicina i Salut : Servei d'Informació Sanitària .
- Perona, A. (2009). *És possible una ciutat sense cotxes?. El transporte genera riqueza*. Consultat el 2013, a Ajuntament de Barcelona: http://www.bcn.cat/publicacions/bmm/45/ct_pregunta.htm
- Pich, M. (1998) *Disseny d'elements de moderació de la circulació: Aportació a una mobilitat sostenible*. DIBA: Àrea de Medi Ambient DIBA Institut d'Edicions.
- PNSD. (2011). *Informe Nacional 2012 (datos del 2011) al OEDT por el Punto Focal Nacional Reitox*.
- Prevention, U. N. (2000). *World Drug Report*. Oxford University Press.

- Puyol, R. (2012). Del campo a la ciudad. El proceso de urbanización en el mundo. *Nueva Revista de Política, Cultura y Arte* .
- RACC. (2009). *Estudio EuroTest: Comparativa Europea de Pasos de Peatones*. EuroTest Quality Safety Mobility.
- Ramos, C. E. (2006). *Desarrollo científico y tecnológico actual*. Madrid.
- Ravenstein, E. (1885). The laws of migration. *Journal of the Royal Statistical Society*. Londres.
- Recarte, M. A. (2003). Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination and decision making. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, (p. 119-137).
- Relloso, G. (1988). *Psicología. Ciclo Diversificado (Ciencias y Humanidades)*. Caracas: Ediciones Cobo.
- Rivers, R. W. (2011). *Traffic accident investigators' and reconstructionists' book of formulae and tables*. Universidad Estatal de Pensilvania: Charles C. Thomas Publisher.
- Robert, M. (2004). *Good Practice in Managing the Evening and Late Night Economy: A Literature Review from an Environmental Perspective*. Londres: Office of the Deputy Prime Minister.
- Rodrigue, J.-P. D. (2013). *The Geography of Transportation Networks*. Recollit de <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch1en/conc1en/ch1c4en.html>
- Rodrigue, J.-P. (2013). *The geography of Transport Systems*. Recollit de <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch6en/conc6en/omni.html>
- Rodríguez, J. (2000). *Serán menos agresivos*. Madrid: Dirección General de Tráfico.
- Roldán, E. T. (2013). *Ciudad y ciudadanía según Aristóteles*. Recollit de <http://ciudadyderecho.blogspot.com.es/2010/03/ciudad-y-ciudadania-segun-aristoteles.html>
- Romer, P. (2010). *Technologies, Rules, and Progress: The Case for Charter Cities*. Center For Global Development.
- Rosén, E. S. (2009). Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. *Preprint of article published in Accident Analysis and Prevention 41*, 536-542.
- Ruiz, J. (2007). *Reconstrucción de hechos de tránsito*. Ciudad Judicial San Joaquín de Flores, Heredia, Costa Rica: Departamento de Ciencias Forenses, Organismo de Investigación Judicial.
- Safford, R. (1971). *An evaluation of rear-end signal system characteristics in night driving*.
- Sampedro, J. (13 / Diciembre / 2009). La ley de Zipf. *El País*.
- Sassen, S. (1999). *La ciudad global: Introducción a un concepto*. Buenos Aires.
- Sassen, S. (2003). *Los espectros de la globalización*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Sau, E. (1995). El creixement del sistema urbà de Catalunya (1950-1991). de la concentració a la

- desconcentració metropolitana? *Doc. Anàl. Geogr.* (p. 97-113). Barcelona: Direcció General de Planificació i Acció Territorial.
- Sanz Alduan (2008) *Calmar el tráfico. Pasos para una nueva cultura de la movilidad urbana*. D.G. de Planificación; Centro de Publicaciones Ministerio de Fomento.
- Searle, J. (1983). *The Trajectories of Pedestrians, Motorcycles, Motorcyclists, etc, Following a Road Accident*. SAE Paper No. 831622.
- Servei Català de Trànsit. (2000). *La reconstrucció de l'accident de trànsit*. Barcelona: Quaderns de Trànsit.
- Shettino, M. P. (Febrero / 2007). *Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Consultat el 2012, a Transporte público urbano: <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-transporte-publico-urbano.html>
- Shinar, D. (2007). *Traffic Safety and Human Behaviour*. Bingley: Emerald Group.
- Sogues, M. (31/12/2010). *Territori: Observatori de projectes i debats territorial de Catalunya*. Recollit de Pla territorial parcial de la regió metropolitana de Barcelona: http://territori.scot.cat/cat/notices/2010/12/pla_territorial_parcial_de_la_regio_metropolitana_de_barcelona_2634.php
- Soniak, M. (6 / Diciembre / 2012). *When and Where Was the First Car Accident?* Recollit de Mental Floss: <http://mentalfloss.com/article/31807/when-and-where-was-first-car-accident>
- Soraluce, J. (2011). *El final de la ciudad perfecta: Las otras "Palmanova"*. DCOM - Artigos.
- Spinak, E. L. (1996). *Asistente para definición de bases de datos*.
- Stanley, D. (2008). *Ventajas y desventajas de la expansión urbana*. Consultat el 2012, a eHow: http://www.ehowenespanol.com/ventajas-desventajas-expansion-urbana-info_104927/
- Stevenson, T. (2006). *Simulation of Vehicle-Pedestrian Interaction*. University of Canterbury.
- Sullivan, L. (1924). *The Autobiography of an idea, press of the America Institute of Architects Inc*. New York City.
- Suriol, J. (2002). *Los ingenieros de caminos en la transformación urbana de las ciudades españolas a finales del siglo XIX. El caso de Barcelona*. Barcelona.
- Technology, W. H. (2006). Delhi.
- Terán, F. (1980). *Planeamiento urbano en la España Contemporánea*. Madrid: Alianza Universidad.
- TERMCAT. (2013). *Diccionario de seguretat viària*. Recollit de Centre de Terminologia: http://www.termcat.cat/es/Diccionaris_En_Linia/25/Fitxes/castell%C3%A0/T/
- Thorson, O. P. (2002). *Pedestrian speeds in light signal controlled crossings*. Intra SL.
- Toledo, F. (2006). *Manual de Prevención de Accidentes de Tráfico en el Ámbito Laboral In-Itinere y en Misión*. Universitat de València: INTRAS.

- Tomasch, E. (2003). *Accident Reconstruction Guidelines*. Loughborough University: European Community under the 'Competitive and Sustainable Growth' Programme.
- Torbjörn, B. (2005). Impaired alertness and performance driving home from the night shift: a driving simulator study. *A Journal of Sleep Research* (p. 17-20). Stockholm, Sweden: Institute for Psychosocial Medicine.
- Toynbee, A. (1967). *Cities of Destiny*. McGraw-Hill.
- Tudela, P. (1992). *Atención*. En J.L.F Trespalacios y P.Tudela (Eds.), *Atención y Percepción*. Madrid: Ed. Alhambra.
- UB. (2009). *La percepción del movimiento*. Consultat el 2013, a Psicología de la percepción visual: http://www.ub.edu/pa1/node/percepcion_movimiento
- UN-Habitat. (2006). *State of the World's Cities 2006/7*. London: Earthscan.
- Union, E. (2003). *DIRECTIVA 2003/102/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativa a la protección de los peatones y otros usuarios vulnerables de la vía pública antes y en caso de colisión con un vehículo de motor*. Directiva 70/156/CEE del Consejo.
- UPC. (2009). *Factores causantes de los accidentes*. Barcelona.
- UPC. (2009). *Historia de la accidentalidad en nuestro planeta*. Barcelona: Portal d'accés obert al coneixement de la UPC.
- Urrutia, Á. (1997). *Arquitectura española del siglo XX*. Madrid: Cátedra.
- Van Kirk, D. (2001). *Vehicular Accident Investigation and Reconstruction*. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC.
- Vásquez, G. (2009). *Consecuencias Jurídicas de los Accidentes de Tránsito cuando no existen personas lesionadas*. Universidad de San Carlos de Guatemala: Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.
- Verhoeve, R. K. (2001). *Advances in Numerical Modelling of Crash Dummies*. Amsterdam: ESV Conference 2001, Paper Number 152.
- Verster, J. R. (2008). *Drugs, Driving and traffic Safety*. Berlin: Birkhauser Basel.
- Vial, O. N. (2005). *Las principales cifras de la siniestralidad vial*. España: DGT.
- Wagenaar, A. (1983). *Effects of Minimum Drinking Age Laws: Review and Analyses of the Literature from 1960 to 2000*. University of Minnesota: Division of Epidemiology, School of Public Health.
- Whitfield, P. (2005). *Cities of the World: A History in Maps*. University of California Press.
- Wilde, G. (1985). The use of incentives for the promotion of accident-free driving. *Journal of Studies on Alcohol*, 10, (p. 161-167).

- Yang, J. (2002). *Review of injury Biomechanics in car-pedestrian collisions*. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden: Crash Safety Division Machine and Vehicle Systems, SE-412 96.
- Zorio, V. (1987). El usuario de la carretera. Notas históricas sobre vehículos autopropulsados. *Revista de Obras Públicas*, 665-675.