

## Característiques dels mètodes d'aforaments



## Característiques dels mètodes d'aforaments

### 2.1 Tipus d'aforaments

Segons la metodologia i mitjans emprats, es poden fer aforaments automàtics i manuals. Tot seguit es detallen les dues modalitats.

#### 2.1.1 Automàtics

Es basen en equips electrònics que detecten el pas de vehicles, la seva velocitat i longitud, i digitalitzen les senyals rebudes per introduir-les en un sistema d'emmagatzematge provisional que en permet la recuperació i el tractament posterior.

Els equips no necessiten la presència continuada d'un/una operador/ora i requereixen únicament les visites obligades per al manteniment, la detecció de possibles avaries, la substitució dels acumuladors i la recuperació de les dades emmagatzemades en les unitats no dotades de transmissió de dades en temps real (cosa que requereix mòdem, protocol de comunicacions i connexió a la xarxa telefònica digital o analògica).

Per portar a terme el Pla d'Aforaments de l'any 2019 s'han fet amidaments automàtics.

#### 2.1.2 Manuals

Són els realitzats in situ directament per un/una operador/ora amb l'objectiu de conèixer la composició del trànsit en el període considerat: comptatge de motocicletes, turismes, estrangers, camions, autocars, o fer comprovacions i calibratge dels equips automàtics d'aforament.

### 2.2 Equips utilitzats

### 2.2.1. Captadors

Els equips captadors utilitzats per a l'elaboració del Pla d'aforaments es descriuen, en els seus trets essencials, tot seguit:

- Pneumàtic:

Tub flexible de goma tancat per un dels seus extrems, instal·lat sobre la calçada, perpendicularment a la marxa dels vehicles. En trepitjar-lo el vehicle, la pressió a l'interior del tub desplaça una membrana de l'equip comptador i tanca així un circuit elèctric que registra el pas del vehicle. Utilitzats només en les estacions de cobertura i en aforaments especials per realitzar estudis de trànsit. La fiabilitat d'aquest sistema disminueix a mesura que augmenta el nombre de carrils, passant d'un error del 8% per a carreteres de dos carrils, fins a un error del 40% en carretera de dues calçades amb tres carrils cadascuna i una IMD de més de 60.000 vehicles.

- Electromagnètic:

Constituït per uns bucles rectangulars de 2 espires, de cable de coure d'1,5 mm, incrustats al paviment a uns centímetres de profunditat, o sota la capa de trànsit, de dimensió 2,13 m x 1,52 m. En passar un vehicle, la seva massa metàl·lica produeix una variació en el flux magnètic associat a l'espira i és detectat per un oscil·lador ubicat a l'aparell registrador. És molt fiable i permet registrar volums, longituds, velocitats per sentits de circulació i per carrils. Ha estat emprat en estacions permanents, primàries i secundàries. A la *Figura 1* es representa un esquema tipus, per a una carretera d'un carril de circulació per sentit, amb la disposició i les dimensions de les espires.

### 2.2.2 Registradora

Constituïda per elements de registre i posterior emmagatzematge temporal, per digitalitzar i emmagatzemar els senyals captats pels detectors, fins a la seva introducció en un ordinador per al correcte processament. Permeten l'obtenció de volums, velocitats, longituds, sentits de circulació i carrils emprats. Aquest equip permet la teletransmissió de dades i també obtenir-les, in situ, mitjançant un PC personal connectat amb una interfície SR-232C.

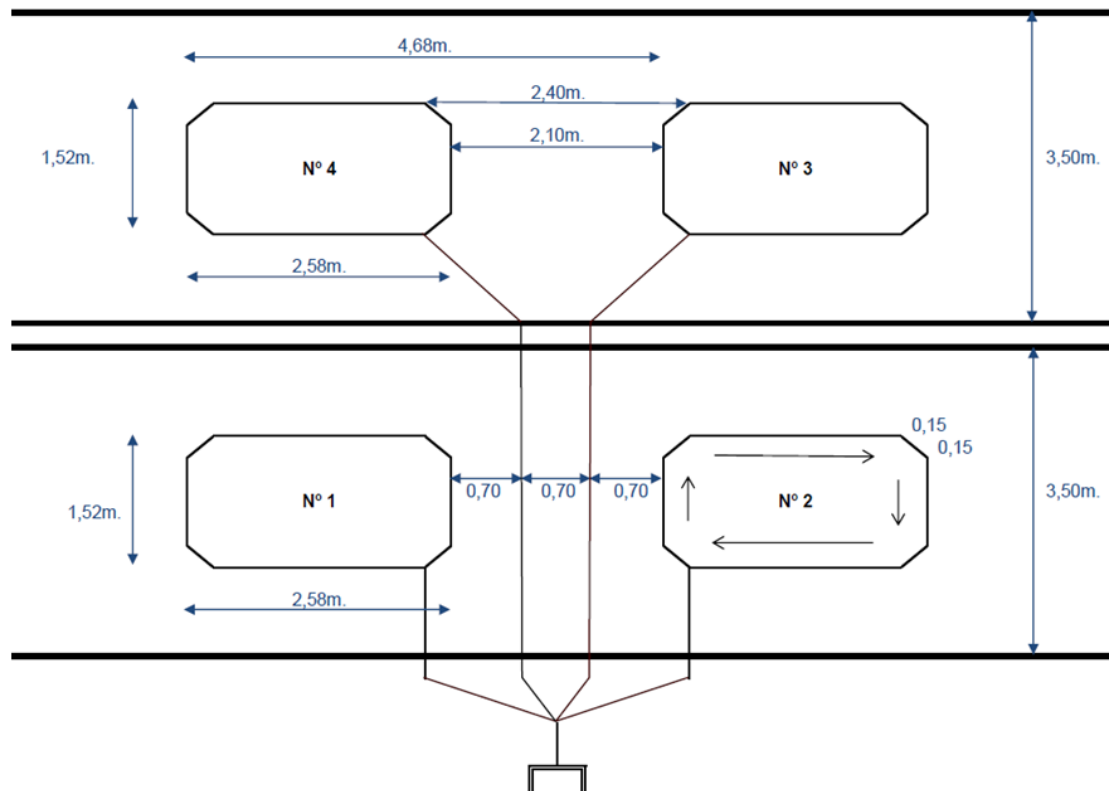


Figura 1. Esquema de la disposició i les dimensions de les espises

### 2.2.3 Mòdem

Assegura la transmissió de dades des de l'estació d'aforament fins al lloc del seu processament, a través de fibra òptica o de la xarxa telefònica, tant dedicada com commutada.

### 2.2.4 Caseta d'ubicació dels elements

S'adapta un armari metàl·lic de 0,70 m d'ample, 0,5 m de profunditat i 0,75 m d'alçada, ancorat sobre un fonament de formigó de 0,40 m de gruix. La porta tanca hermèticament, gràcies a un contramarc i un pany de seguretat amb clau. A la *Figura 2* adjunta es mostren les dimensions en planta, alçat i perfil de la caseta.

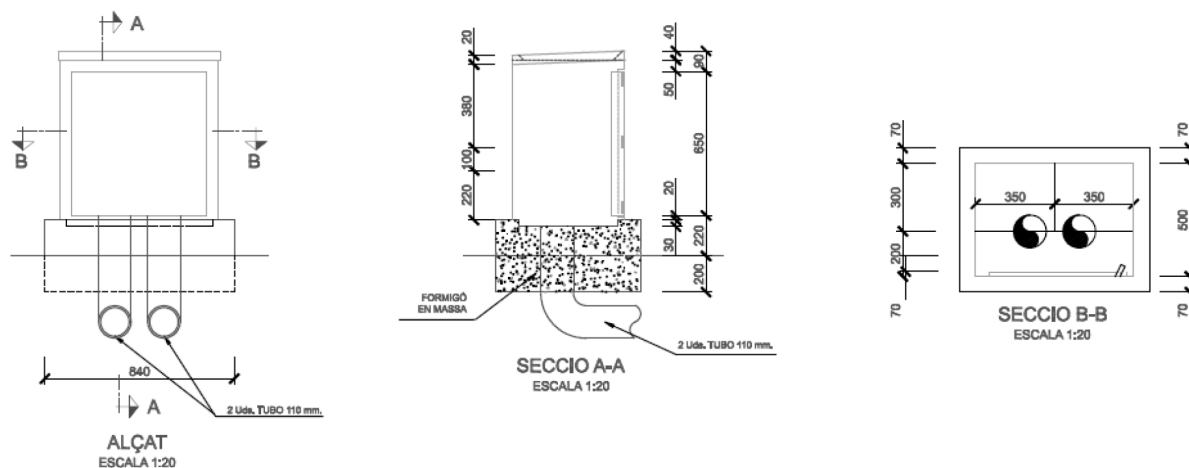


Figura 2. Esquema de les dimensions en alçat, perfil i planta d'una caseta d'aforaments

### 2.3 Sistematització i categoria de les estacions

La intensitat de pas de vehicles per les carreteres no és constant sinó que oscil·la segons la mobilitat de la població, i segueix uns cicles diaris, setmanals, mensuals i anuals. Així, doncs, un mesurament puntual realitzat en una determinada secció d'una carretera, en un cert dia de l'any, no dona informació de les intensitats mitjanes o extremes d'aquella carretera. Tenint en compte que la inversió necessària per obtenir dades d'una manera permanent a totes les carreteres seria molt alta, s'ha establert una tramificació de la xarxa i una jerarquia o categoria de les estacions instal·lades en els diferents trams, que tot seguit descriurem, per tal d'obtenir, amb una mostra el més petita possible, una idea prou representativa del trànsit a tota la xarxa. Les categories de les estacions que s'ha establert per a la sistematització de la xarxa són: permanents, primàries, secundàries i cobertures. Les estacions permanents i primàries s'utilitzen com a estacions afins d'aquelles estacions secundàries i de cobertura que tenen un comportament del trànsit semblant.

#### 2.3.1 Estació permanent

Afora les 24 hores del dia, tots els dies de l'any, amb equip automàtic de registre horari, instal·lat de manera permanent. A les seccions de carretera on es construeix aquests tipus d'estació de presa de dades es considera essencial el coneixement exacte de les dades de trànsit, bé per la

importància de la via o bé per considerar-les representatives de la xarxa pel que fa a la tendència del trànsit i la seva distribució temporal.

### **2.3.2 Estació primària**

S'aforen les 24 hores del dia durant tots els dies d'una setmana completa, en mesos alterns diferents dels de l'any anterior, és a dir, 6 setmanes a l'any, amb aparells automàtics de registre horari.

### **2.3.3 Estació secundària**

S'aforen les 24 hores de dos dies feiners, en mesos alterns diferents dels de l'any anterior, és a dir, 12 dies, en grup de dos, amb equips automàtics de registre horari. Cadascuna d'aquestes estacions s'ha associat a una altra de permanent o primària, anomenada afí, considerada similar en composició i en comportament del trànsit.

### **2.3.4 Estació de cobertura**

S'afora, com a mínim, les 24 hores d'un dia feiner, com a màxim cada 4 anys, amb aparells automàtics de registre horari. Igual que a les estacions secundàries, cadascuna d'aquestes estacions s'ha associat a una afí. Les estacions de cobertura són l'últim esglaó en la presa de dades.

### **2.3.5 Estació afí**

Dues estacions es consideren afins si l'evolució del trànsit en una i l'altra segueixen tendències semblants, fins al punt de poder considerar iguals els valors dels coeficients L i S, que es descriuen posteriorment.

## 2.4 Indicador de fiabilitat anual

Per calcular l'índex de fiabilitat anual (Ifa) es diferencia la importància dels diferents dies de la setmana:

- Categoria 1 dilluns
- Categoria 2 divendres
- Categoria 3 dimarts, dimecres i dijous, que anomenem feiners
- Categoria 4 dissabte
- Categoria 5 diumenge

### 2.4.1 Estació Permanent

L'índex de fiabilitat setmanal es calcula com el producte de dos valors (x) i (y),

$$IFs = x * y * 100$$

(x) Fa referència als dies de la setmana que presenten error i es preveuen els casos següents:

a - es disposa de tots els dies	x = 1,00
b - falla un dimarts, dimecres o dijous	x = 0,95
c - fallen dos dies corresponents a dimarts, dimecres o dijous	x = 0,90
d - falla divendres o dissabte o diumenge o dilluns o els 3 feiners	x = 0,70
e - falla una categoria de dia i un feiner	x = 0,67
f - falla una categoria de dia i dos feiners	x = 0,63
g - fallen 2 de les 5 categories de dies	x = 0,60
h - fallen 2 categories de dia i 1 feiner	x = 0,57
i - fallen 2 categories de dia i 2 feiners	x = 0,53
j - fallen 3 de les 5 categories de dies	x = 0,50
k - fallen 3 categories de dia i 1 feiner	x = 0,44
l - fallen 3 categories de dia i 2 feiners	x = 0,37
m - fallen 4 de les 5 categories de dies	x = 0,30

n - fallen 4 categories de dia i 1 feiner	x = 0,25
o - fallen 4 categories de dia i 2 feiners	x = 0,20
p - fallen 5 de les 5 categories de dies	x = 0,16

(y) Fa referència al nombre de setmanes correctes senceres registrades durant el mes. Una setmana es considera correcta quan no es verifica cap error els divendres, els dissabte, els diumenges, i els dilluns, i, a més, es disposa de dades d'algun dia feiner.

Es preveuen els casos següents:

4 - es disposa de totes les setmanes	y = 1
3 - hi ha 3 setmanes correctes	y = 0,95
2 - hi ha de 2 setmanes correctes	y = 0,90
1 - hi ha una setmana correcta	y = 0,88
0 - no es disposa de cap setmana correcta	y = 0,2

D'aquesta manera s'obté l'IFs (índex de fiabilitat setmanal). La *Taula 3* mostra el quadre dels diferents valors de l'índex IFs.

Y\X	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
4	100	95	90	70	67	63	60	57	53	50	44	37	30	25	20	16
3	95	90	85	66	64	60	57	54	50	47	42	35	28	24	19	15
2	90	85	81	63	60	57	54	51	48	45	40	33	27	22,5	18	14
1	88	84	79	62	59	56	53	50	47	44	39	32,5	26	22	17,5	13
0	20	19	18	14	13,5	12,5	12	11,5	10,5	10	9	7,5	6	5	4	3

*Taula 3. Resultat del càlcul dels valors de l'índex de fiabilitat setmanal*

Per tal d'obtenir l'índex de fiabilitat mensual IFm, es fa la mitjana aritmètica de les quatre mesures setmanals.

$$IFm = \sum IFs / 4$$

*NOTA.* El coeficient mensual s'obté considerant quatre setmanes. Per tal de considerar els dies restants, s'agafarà per a calcular l'índex la combinació més òptima entre totes les possibles setmanals.

Per obtenir l'índex de fiabilitat anual s'aplicarà la mitjana aritmètica de les dotze mesures mensuals.



$$IFa = \sum IFm / 12$$

#### 2.4.2 Estació Primària

En aquest tipus d'estació s'obté un índex de fiabilitat cada dos mesos i l'índex anual s'obté amb la mitjana aritmètica dels 6 índexs bimensuals, que són els següents:

a - es disposa de tots els dies	IF = 100
b - falla un dimarts, dimecres o dijous	IF = 90
c - fallen dos dies corresponents a dimarts, dimecres o dijous	IF = 85
d - falla divendres o dissabte o diumenge o dilluns o els 3 feiners	IF = 70
e - fallen 2 de les 5 categories de dies	IF = 50
f - fallen 3 de les 5 categories de dies	IF = 40
g - fallen 4 de les 5 categories de dies	IF = 20
h - fallen 5 de les 5 categories de dies	IF = 0

Per tal d'obtenir una estimació anual es fa la mitjana aritmètica de les sis mesures obtingudes.

$$IFa = \sum IFm / 6$$

#### 2.4.3 Estació Secundària

Com en la primària, s'obté un índex de fiabilitat cada dos mesos. L'índex anual s'obté amb la mitjana aritmètica dels 6 índexs bimensuals que són els següents:

a - es disposa de tots els dies	IF = 100
b - falla un dia	IF = 50

Per tal d'obtenir una estimació anual es fa la mitjana aritmètica de les sis mesures obtingudes.

$$IFa = \sum IFm / 6$$

#### 2.5 Velocitat al tram

El càlcul de la velocitat mitjana anual en cadascuna de les estacions permanents, primàries i secundàries s'ha realitzat utilitzant la fórmula següent:

$$V_M = \frac{Fi \times mci}{\dots}$$

$N$ 

En què:

$F_i$  és el nombre de vehicles detectats en cadascun dels intervals següents:

- a) 0 - 40 km/h
- b) 40 - 60 km/h
- c) 60 - 80 km/h
- d) 80 - 90 km/h
- e) 90 - 100 km/h
- f) 100 - 120 km/h
- g) 120 - 140 km/h
- h) 140 - 160 km/h
- i) 160 - 180 km/h
- j) > 180 km/h

$m_{ci}$  és el valor següent per a cadascun dels intervals abans indicats:

- a) 20 km/h
- b) 50 km/h
- c) 70 km/h
- d) 85 km/h
- e) 95 km/h
- f) 110 km/h
- g) 130 km/h
- h) 150 km/h
- i) 170 km/h
- j) 190 km/h

$N$  és el nombre total de vehicles registrats per l'estació durant l'any.

## 2.6 Paràmetres, coeficients i factors

En el present apartat es descriuen les sigles que apareixen en aquest Pla d'aforaments, que són les més utilitzades en enginyeria del trànsit. També es fa una breu explicació del significat dels paràmetres, els coeficients i els factors que s'utilitzen per realitzar els càlculs que s'han emprat en la determinació de les intensitats mitges diàries, així com d'altres paràmetres, coeficients i factors que apareixen al document i que s'utilitzen per a realitzar càlculs en estudis de trànsit de la xarxa viària.

**IMD** és la mitjana aritmètica de les intensitats de tots els dies de l'any, i es mesura en vehicles per dia (veh/dia).

**IDM** és la mitjana aritmètica de la intensitat registrada en un mes, i es mesura en vehicles per dia (veh/dia).

**Ihp** Intensitat hora punta

Les intensitats horàries són les que defineixen les característiques de la xarxa viària com a necessàries per suportar la demanda del trànsit, però degut a la seva variabilitat no és possible utilitzar una intensitat horària mitja durant un període llarg.

Per escollir la intensitat horària que sigui representativa de la freqüència amb què es presenten els diferents valors d'intensitat s'ha establert el següent criteri:

**Ih30, Ih50 i Ih100** Intensitat hores 30, 50 i 100

S'han escollit com a representatives les intensitats de l'hora 30, 50 i 100, que són aquelles intensitats només excedides 30, 50 i 100 hores a l'any. Per determinar aquestes intensitats horàries s'ordenen tots els valors de les intensitats horàries mesurades a la xarxa, de major a menor intensitat, i es seleccionen les posicions 30, 50 i 100, que corresponen a les Ih30, Ih50 i Ih100, respectivament. Aquestes intensitats es mesuren en vehicles per hora (veh/h).

**Lmi, S** Coeficients d'estacionalitat i de festius

Un mesurament puntual realitzat en una determinada secció d'una carretera, en un cert dia de l'any, no dóna informació de les intensitats mitjanes o extremes d'aquella carretera. L'amidament efectuat per les estacions secundàries i les estacions de cobertura no disposa de les intensitats registrades de dilluns a divendres ni de la intensitat registrada tots els dissabtes i els diumenges, dades que són necessàries per obtenir el trànsit real. Per aquest motiu, es necessita saber els valors dels coeficients L i S, que són el factor de variació mensual i el factor de dissabtes i diumenges, respectivament, per tal de fer una estimació correcta del trànsit.

És necessària la utilització d'una estació afí, que serà aquella que contingui una evolució del trànsit semblant, fins al punt de poder considerar iguals els valors dels coeficients L i S. El fet que les fluctuacions del trànsit siguin semblants, no significa que el valor de la IMD de l'estació afí s'assembli a la de les estacions que estiguin vinculades a ella; només indica que els factors que s'obtidran de l'estació afí seran prou realistes i vàlids per a aplicar-los a les dades mesurades a les estacions secundàries i de cobertura.

Per calcular aquestes variables de trànsit, és necessari conèixer la relació existent entre la intensitat registrada el dia de l'aforament i la intensitat mitja diària anual. Aquesta relació es calcula amb estacions permanents i amb estacions primàries.

A partir de les dades obtingudes a l'estació afí, es calculen els següents factors:

- Factor **L** o de variació mensual, que és igual a la relació entre la intensitat mitja anual en dies laborables i la intensitat aforada en dies laborables del mes considerat.
- Factor **S** o de dissabtes i diumenges, que és igual a la relació entre la IMD i la intensitat mitja anual en dies laborables.
- Factor **F**, que és igual a la relació entre la IMD i la intensitat en un dia laborable qualsevol, i que és el producte dels dos factors L i S ( $F = L * S$ ).

A continuació es determina la metodologia de càlcul dels paràmetres que conformen el factor F. Al final de la descripció de cada paràmetre s'especifica, entre parèntesi, la nomenclatura amb la qual es denomina a la fitxa de detall de cada estació:

**IML** és la mitjana aritmètica de les intensitats registrades de dilluns a divendres de tots els dies aforats, i es mesura en vehicles per dia (veh/dia). (**IMD di a dv**)

**IMS** és la mitjana aritmètica de la intensitat registrada tots els dissabtes aforats, i es mesura en vehicles per dia (veh/dia). **(IMD dissabtes)**

**IMDO** és la mitjana aritmètica de la intensitat registrada tots els diumenges aforats, i es mesura en vehicles per dia (veh/dia). **(IMD diumenges)**

Coefficient d'estacionalitat **(Lmi)** = IML/IML (mi)

Factor de dissabtes **(a)** = IMS/IML

Factor de diumenges **(b)** = IMDO/IML

Coefficient de festius **(S)** = (5+a+b) / 7

## 2.7 Composició del trànsit

A banda de conèixer el volum de trànsit que circula per la xarxa viària, és interessant conèixer de quin tipus de vehicles es compon. Així, es distingeixen els vehicles registrats en tres categories: vehicles de dues rodes, vehicles lleugers i vehicles pesants.

### a) Vehicles de dues rodes

L'estimació dels vehicles de dues rodes que passen per una secció de la carretera es fa considerant com a vehicles d'aquesta categoria tots aquells que tenen una longitud inferior als 2 m.

### b) Vehicles lleugers

L'estimació dels vehicles de lleugers que passen per una secció de la carretera es fa considerant com a vehicles d'aquesta categoria tots aquells que tenen una longitud superior als 2 m i inferior als 6 m.

### c) Vehicles pesants

L'estimació dels vehicles pesants que passen per una secció de la carretera es fa considerant com a vehicles d'aquesta categoria tots aquells que tenen una longitud superior als 6 m.

## 2.8 Evolució de la intensitat horària durant el dia

En referència a l'evolució de la intensitat horària durant un dia, s'ha considerat la intensitat de trànsit total, és a dir, la suma de les corresponents a ambdós sentits de circulació, únicament considerant els vehicles lleugers, degut a que són els que tenen un volum major a la xarxa, i, per tant, es consideren una mostra suficientment representativa del comportament del trànsit en una secció determinada de la xarxa de carreteres. D'aquesta manera, s'accepta que les intensitats diàries es reparteixen d'una manera molt semblant entre el sentits de circulació.

## 2.9 Distribució de les freqüències de les intensitats horàries

Les intensitats horàries són les que determinen les característiques de la carretera com a necessàries per fer front a la demanda, però a causa de la seva variabilitat no es pot utilitzar simplement el valor mig de la intensitat horària durant un període llarg.

S'ha observat una disminució lenta de la intensitat horària, a mesura que va augmentant la freqüència amb la que es sobrepassen els valors de la intensitat. Mentre que per intensitats de trànsit elevades, aquestes disminueixen ràpidament a mesura que s'incrementa la freqüència amb la que es sobrepassen els valors de la intensitat.

## 2.10 Estacionalitat de les carreteres

La intensitat de trànsit en qualsevol carretera varia al llarg del temps, seguint una llei que es pot considerar que està formada per una tendència a llarg termini, a la qual se superposen unes oscil·lacions cícliques mensuals. Es fa la hipòtesi que es tracta d'un fenomen anàleg a totes les carreteres, tot i que la forma i magnitud d'aquestes oscil·lacions varia d'unes carreteres a d'altres, i per tant, es poden estudiar separatament totes les característiques dels components de les variacions del trànsit.

Per estudiar aquestes variacions del trànsit, s'han obtingut les intensitats mitges diàries durant cadascun dels mesos de l'any (IDM) i s'han comparat amb la intensitat mitja anual (IMD) de cadascuna de les estacions. Generalment aquestes intensitats són majors durant els mesos

d'estiu en aquells entorns del territori que són més turístics, com pot ser a la costa i/o a la muntanya, i menors en els mesos d'hivern exceptuant aquelles carreteres de muntanya que serveixen de pas cap a les pistes d'esquí. En aquelles carreteres on el trànsit és més constant durant tot l'any, com poden ser aquelles carreteres de la primera i segona corona, a l'estiu s'hi produeix l'efecte contrari, amb una disminució apreciable del trànsit durant el mes d'agost.







 Generalitat de Catalunya  
Departament de Territori i Sostenibilitat  
**Direcció General d'Infraestructures  
de Mobilitat**