Universitat Autònoma de Barcelona

TÍTOL: Anàlisi de l'impacte de l'alliberament dels peatges a Catalunya sobre el nombre i cost dels accidents

AUTORA: Anna Ibarz Rodriguez

GRAU: Economia

TUTORA: Anna Matas Prats

DATA:30-05-2023

RESUM

Al setembre de 2021 s'alliberen les principals autopistes de peatge a Catalunya, aquest fet deixa molts interrogants cap a la política pública en carreteres i quines mesures prendrà en un futur pròxim per subjectar la despesa que suposen les infraestructures. En aquest treball es busca la manera més òptima de saber quin és l'impacte de l'alliberament dels peatges en funció del nombre i cost d'accidents. És difícil enforcar-se directament en l'impacte dels peatges perquè és un fet recent i encara no han passat dos anys, és per això que en el present treball s'estudia la relació que guarda la variació en el tràfic amb la variació en l'accidentalitat. En una segona part d'aquest treball s'estudia quin és el cost que suposen aquests accidents tenint en compte la VSL (Value of Statical Life o Valor d'una vida Estadística) una mesura estadística dins l'economia per avaluar el risc i quin preu pot tenir estar disposat a assumir-ne més. Els resultats mostren que la relació del tràfic i els accidents és pràcticament proporcional però, en canvi, més que proporcional per trams dins de l'AP7.

Paraules clau: IMD, Accidents, tràfic, autopistes, peatges.

Agraïments: M'agradaria donar les gràcies a Anna Matas per la seva ajuda i dedicació, sobretot en totes les vies i intents diferents que hem realitzat durant el desenvolupament del projecte. També a amics, familiars i la meva tutora de pràctiques que sempre m'han fet costat.

ÍNDEX

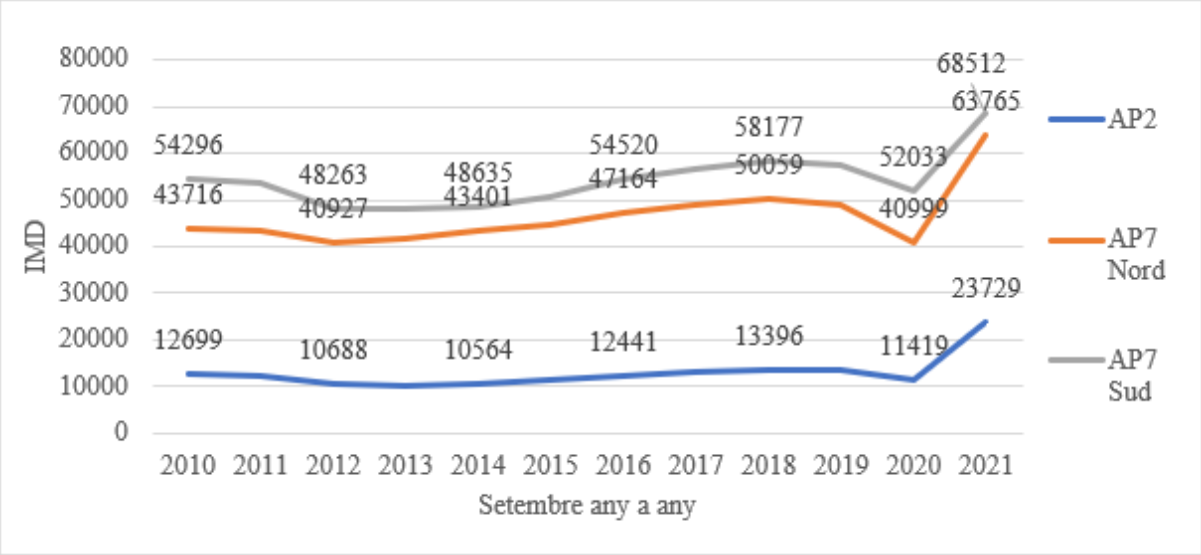
RESUM 2
INTRODUCCIÓ 4
REVISIÓ DE LA LITERATURA 6
DADES 9
METODOLOGIA 15
RESULTATS 18
Cost dels accidents 22
CONCLUSIONS 25
BIBLIOGRAFIA 28
ANNEX 29
Annex I – Base de dades 29
Annex II – Resultats complets 30
Resultats de Wald Test en autospistes d'Espanya 30
Resultats de Wald Test en autospistes de Catalunya 33

INTRODUCCIÓ

El setembre de 2021 es van alliberar els peatges dels trams d'autopista més importants de Catalunya. Entre elles l'AP7 corresponent al tram Jonquera-Montmeló i Barcelona- Tarragona i l'AP2 Barcelona-Lleida. Aquest fet no va vindre tot sol, ja que un any abans, el 2020 els desplaçaments havien estat restringits per les mesures del govern durant la pandèmia de la Covid-19. Amb tot això en els últims anys trobem unes dades totalment afectades per alts i baixos (Vegeu el gràfic 1).

En el tram de la Jonquera a Montmeló el 2019 es registraven dades d'un IMD (Intensitat Mitja Diària) de quasi 50 000 vehicles diaris, segons les dades oficials d'un dels principals executors de la política en carreteres, el MITMA (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana). Posteriorment de l'eliminació dels peatges el mateix tram registra dades per sobre dels 50 000 vehicles diaris fins a 70 000 vehicles diaris segons el mes observat. El MITMA anuncia que l'alliberament suposarà un estalvi de 515 milions d'euros anuals per als 13 milions de desplaçaments actuals. També anuncia una previsió d'un conseqüent augment del tràfic que permetrà que l'estalvi sigui encara major[1]. La motivació principal d'aquest treball és saber l'impacte de la liberalització dels peatges a Catalunya sobre el nombre i cost dels accidents.

Gràfic 1: Evolució del tràfic en IMD de les principals autopistes a Catalunya



Font: Elaboració propia a partir de les dades del MITMA

[1] Ministerio de Transportes, Movilidad y Angenda Urbana (MITMA). Disponible en: https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/sala-de-prensa/noticias/lun-30082021-0806

La motivació d'aquest treball és un fet recent i l'estudi que es vol realitzar requereix de dades per donar una explicació solida. A dia d'avui no han passat dos anys de l'alliberament, a part les dades compten amb un retard en ser publicades. És per això que amb una mostra única de Catalunya no podríem donar explicacions convincents. El que sí que sabem és que el tràfic en els darrers anys ha augmentat, és per això que per donar explicacions sobre l'alliberament dels peatges en funció dels accidents i el seu cost, ens recolzem en la dada de l'IMD que expressarà el tràfic. S'observarà la relació que guarda el tràfic i altres variables explicatives amb els accidents i d'aquesta manera donarem resposta al tema d'aquest treball. Per tenir una mostra gran on considerar aquesta causalitat s'agafen totes les autopistes d'Espanya des de l'any 2010 fins a l'any 2020 i es posen les variables dependents: morts, total de víctimes; en funció de les variables independents IMD, quilòmetres, túnels i anys, explicades en l'anàlisis del model economètric.

Donada l'explicació anterior, analitzem autors que hagin observat la relació que guarda el tràfic amb els accidents. Els resultats mostren que un augment del tràfic fa augmentar els accidents en un grau més alt per als accidents amb ferits lleus i en un grau més baix per als accidents amb morts i ferits greus.

A coneixement de l'autora aquest treball és innovador, ja que és el primer que tracta de donar explicació a l'impacte que ha suposat l'eliminació dels peatges a Catalunya en funció dels accidents i el seu cost. Sent, en conseqüència, una anàlisi útil per als òrgans públics en la realització de normatives que busquin millorar la política en les carreteres.

Aquest estudi està dividit en diferents parts, sent la següent part la segona, la revisió bibliogràfica i de la literatura actual. En aquesta part s'estudia el marc teòric i s'estableix un adaptat al tema d'aquest treball. Per una banda, observem els resultats que puguin ser rellevants per a nosaltres i per una altra banda la forma i les problemàtiques que s'han observat amb anterioritat. La tercera part fa referència a l'anàlisi de la base de dades utilitzada per a la investigació. En aquest apartat s'explica perquè s'han seleccionat les dades, la seva procedència i el període de temps de la informació recollida. La quarta secció recull l'explicació del model economètric que s'ha seguit i quina regressió s'ha fet. Finalment, en les dues últimes parts s'exposen els resultats obtinguts i les conclusions del treball.

REVISIÓ DE LA LITERATURA

Per tal de contextualitzar aquest document, expliquem la rellevància del cos de coneixement previ que s'ha utilitzat per a la documentació i aprenentatge sobre el tema: quins són els seus resultats, les similituds, les limitacions i observacions. La revisió de la literatura que s'aporta principalment està basada en la relació del tràfic i altres variables amb l'accidentalitat o el risc de les carreteres.

Wang, et al. (2009) analitzen els efectes de la congestió de les autopistes, el tràfic, els quilòmetres d'autopista, el nombre de carrils, i altres variables en els accidents d'autopista. Realitzen dues regressions amb diferents models derivats del model de Poisson, una per als ferits lleus i un altre per als ferits greus i morts en l'autopista M25 a Anglaterra. Els resultats expressen que l'índex de congestió no és estadísticament rellevant en cap dels dos casos, en canvi, el tràfic i els quilòmetres d'autopista sí que ho són. Per al model en morts i ferits greus la Poisson logarítmica obté resultats d'1,212 en el tràfic i 0,1351 en els quilòmetres, en els ferits lleus s'obtenen 1,492 i 0,1505 respectivament. Wang, et al. (2009) agafen una mostra de 70 trams dins de la M25, en les seves conclusions expressen que agafar trams connectats a aquesta autopista podria haver també contribuït a explicar millor la seguretat en la M25.

Tang & van Ommeren, (2021) també aporten coneixement sobre el tema, els resultats trobats són diferents, en canvi, el seu estudi es realitza en ciutat. Pressuposen una hipòtesi on les ciutats congestionades presenten una externalitat positiva als accidents, en primer lloc, fan una primera prova amb la regressió de Poisson per veure l'afectació del tràfic en els accidents, posteriorment observen moltes altres variables dins del model. En la primera prova el logaritme del tràfic obté valors de 0'48, 0,68 i -0'74 per als accidents, ferits lleus, i ferits greus i morts respectivament, sent els tres estadísticament significants. En la següent regressió troben resultats semblants, les seves troballes indiquen que en ciutats congestionades un augment del tràfic té externalitats positives en els accidents.

Per últim, un altre estudi dut a terme a Londres, diferent en característiques i resultats és el de Dickerson, et al. (2004). En estudis anteriors que documenten la variació dels accidents en funció de la variable tràfic, resulten ser pràcticament proporcionals, és a dir, el tràfic té una implicació molt baixa o de 0 en l'externalitat dels accidents en carreteres. És per això que efectuen una divisió per carreteres i zones geogràfiques, concloent així una substancial externalitat negativa en trams de carreteres amb un flux de tràfic elevat. En un primer grup de carreteres interurbanes per un flux baix, moderat i alt, obtenen valors de 0'98, 1'13 i 2'16,

respectivament, essent els dos primers no rellevants estadísticament. En els altres 3 grups de carreteres que estudien es conclouen resultats similars (Dickerson et al., 2004).

D'aquesta manera responent a les limitacions i resultats dels estudis realitzats a Anglaterra, el present estudi es correspon amb un caràcter agregat agrupant totes les autopistes d'Espanya en un primer lloc i després les autopistes alliberades de peatges a Catalunya en un segon lloc. Es pren com a referència l'estudi de Dickerson, et al. (2004), ja que agrupa una sèrie de carreteres interurbanes, podríem pensar que els nostres resultats s'aproparien a una externalitat negativa en accidents on el tràfic és elevat. Els resultats també es podrien adaptar als resultats de Wang, on l'externalitat no és tan elevada.

Per seguir un model on s'interpreti l'accidentalitat en funció de les variables independents aquestes hauran de ser exògenes, per tant, no estar relacionades amb altres variables del model, d'altra manera, l'estimador estaria esbiaixat i seria inconsistent. Un conductor addicional a les carreteres suposa un augment del tràfic, però també suposa una variació en el risc de tots els usuaris que ja estan fent ús d'aquestes carreteres. En l'article de Romen i Shurt (2016) estudien el volum de tràfic sobre el risc d'accidents. Ho fan agafant el fenomen del sàbat jueu a Israel, on es dona un descens del tràfic cada divendres i augmenta el dissabte a la nit coincidint amb el final del sàbat. Un altre punt de rellevància en el seu estudi és la divisió entre carreteres perilloses i carreteres segures. En aquesta divisió troben que el volum de tràfic varia de la mateixa manera en les dues categories, en canvi, l'efecte del volum del tràfic sobre el risc d'accidents sí que resulta substancialment diferent. "En carreteres perilloses, l'entrada del sàbat redueix el risc d'accidents en un 27% i en la sortida augmenta en un 35%. En les carreteres no perilloses, l'efecte en el risc d'accidents en els dos casos del Sàbat no és estadísticament rellevant" (Romem & Shurtz, 2016). Per tant, una variable que mesuri el risc d'accidents és estadísticament rellevant en carreteres perilloses.

En el present estudi es podrien presentar limitacions per l'estimador tràfic, mesurat per l'IMD, ja que estaria correlacionat amb l'augment del risc en les carreteres i la variable depenent, essent així, endogen. Tot i això, amb els resultats que es documenten, carreteres que són considerades segures no presenten una relació estadísticament rellevant sobre el risc d'accidents.

Un altre punt important sobre el factor risc el nomenen Fridstrøm & Ingebrigtsen, (1991) amb la teoria de la compensació del risc. Aquesta exposa que els conductors ajusten el seu comportament en resposta a canvis exògens a la seguretat, de tal manera que si es construeix

més seguretat en el seu entorn els conductors exercirien menys precaució. En el seu estudi examinen la relació entre els accidents de tràfic i variables explicatives potencialment rellevants. El seu model es basa en una funció exponencial que permet ajustar la variació sistemàtica en el recompte d'accidents, serà rellevant per a la metodologia del present treball, i mencionat més endavant.

Els autors que mencionem en el treball presenten una varietat en el tipus de carreteres que estudien, igual que les variables que observen. Aquest treball centrarà la metodologia sobretot en la variable corresponent al tràfic, ja que aquesta segons la revisió bibliogràfica és de les més influents. D'aquesta manera i com el MITMA anuncia un augment del tràfic i d'externalitats positives: "Se prevé un aumento del trafico de estas autopistes con una mayor distribución del mismo que permitirá mejoras en la Seguridad vial, la congestión y la contaminación" [2], podrem saber quins són els efectes d'un augment de tràfic i si de veritat es donen millores en la Seguretat Viària. Una limitació que presenta l'estudi, és l'efecte en les carreteres secundàries que han vist desplaçat part del seu tràfic arran de l'alliberament dels peatges. Aquest impacte no es considera per falta de dades i hauria d'anar lligat als resultats d'aquest treball.

[2] Ministeri de Transports, Mobilitat i Agenda urbana (MITMA). Disponible en: https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/sala-de-prensa/noticias/lun-30082021-0806

DADES

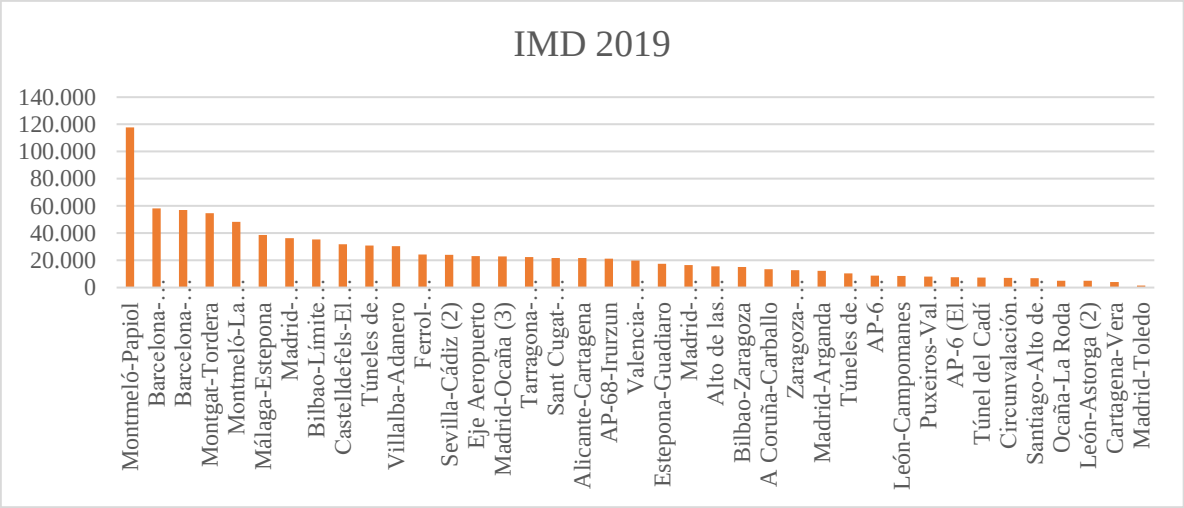
L'anàlisi empírica d'aquest estudi s'elabora pel període compres entre gener de 2010 i desembre de 2020 en el cas d'autopistes d'Espanya i de gener de 2010 a desembre de 2022 pel cas de Catalunya. A Espanya es recullen 43 trams entre autopistes i túnels (Annex I). Dins de la comunitat autònoma de Catalunya delimitem 3 trams on s'han produït l'alliberament dels peatges: La Jonquera- Montmeló (AP-7 tram nord) amb 134km, Barcelona – Tarragona (AP-7 tram sud) amb 111km i Lleida – Mediterrani (AP-2) amb 105km.

Les dades corresponents a les autopistes d'Espanya s'extreuen dels informes anuals sobre el sector d'autopistes en Espanya dels anys corresponents.[3] D'allà extraiem les dades de IMD, general i desagregada per vehicles lleugers i pesats, les dades de víctimes i total de morts i els quilòmetres de carretera. També s'han tingut en compte el túnel del Cadí, els túnels d'Artxanda i els túnels de Vallvidredra els quals representen característiques diferents de la resta d'autopistes.

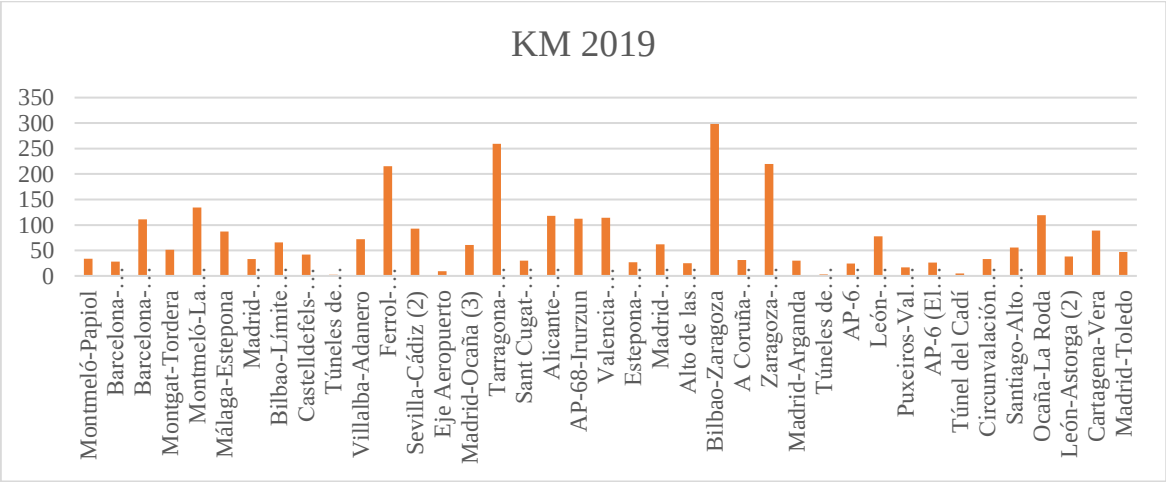
En primer lloc, es recopilen les dades i accidents amb mort i víctimes de les autopistes espanyoles. En aquest estudi no s'observa una variable per a tots els accidents que se succeeixen a les carreteres, ja que aquesta pot ser una dada poc fiable, segons la gravetat aquests normalment no es reporten i conseqüentment no es veuen reflectits als informes. Com bé afirma l'informe Sobre el cost extern dels accidents de la Comissió Europea (2020): *"However, for road accidents in particular, a portion of the total accidents go unreported."*. Les dades són extretes dels informes anuals sobre el sector d'autopistes de peatge a Espanya dels anys corresponents. També agreguem les dades respecte als quilòmetres de carretera i es diferencia entre túnel i autopista. En el gràfic 1 es veuen les dades corresponents a l'IMD de 2020 per a les autopistes Espanyoles. El tret a destacar es l'IMD molt per sobre de la mitja del tram Montmeló-Papiol. El gràfic 2 mostra els quilòmetres de cada autopista i per últim el gràfic 3, les víctimes totals a les autopistes d'Espanya. Destaquen el tram Montmeló Papiol, que tot i no ser extens suporta molt tràfic a la vegada és de les carreteres on es succeeixen més accidents. Una variable que hagués ajudat a entendre millor com trams petits suporten tant de tràfic podria ser el nombre de carrils, que en aquest treball no es presenta, però pot ser una línia d'actuació per a un següent estudi. Altres trams remarcables són Bilbao – Zaragoza, i el Ferrol- Front.

[3] Disponible en: https://cvp.mitma.gob.es/carreteras

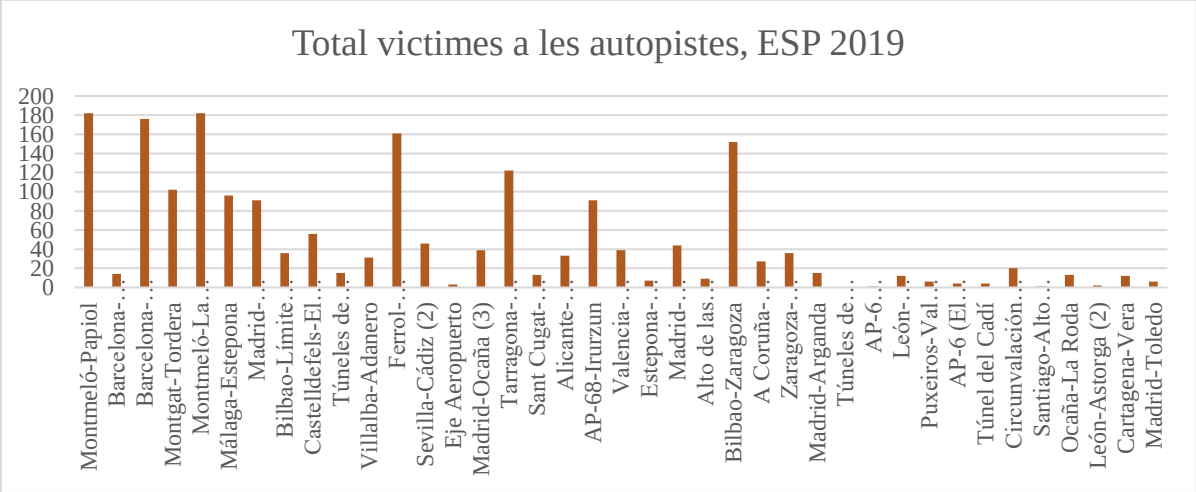
Portuguesa, els quals compten amb alt nombre d'accidents però una IMD d'entre 10 000 i 20 000.



Gràfic 2. Elaboració propia. Font: MITMA



Gràfic 3. Elaboració propia. Font MITMA

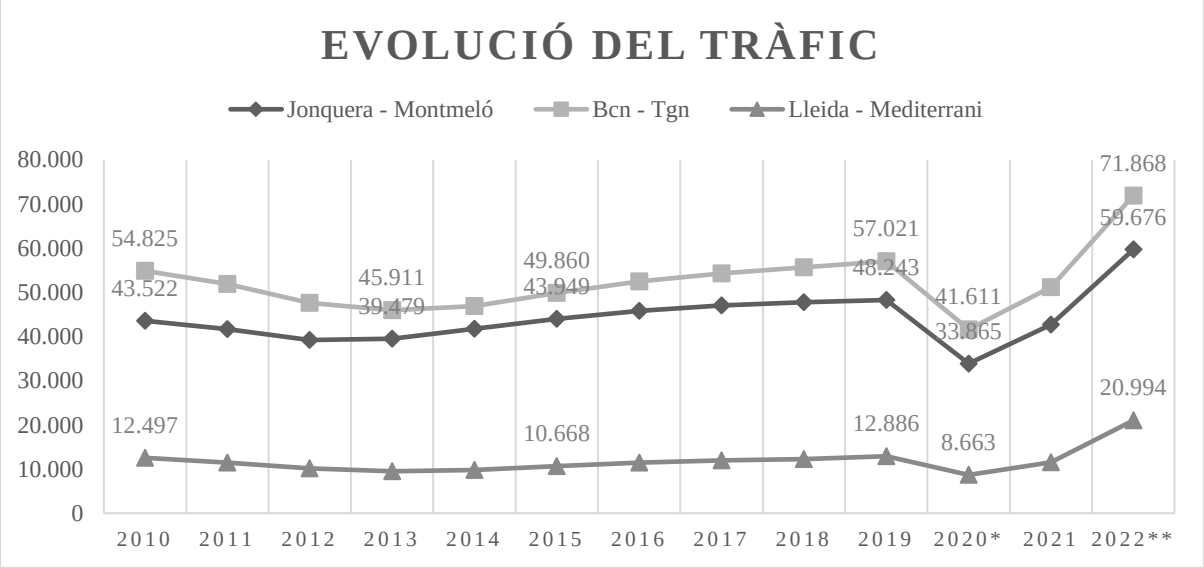


Gràfic 4. Elaboració propia. Font MITMA

En el cas de les autopistes catalanes recopilem les dades de trànsit mensualment del MITMA i extraiem les dades d'accidents de dades obertes de Catalunya4.

En la taula 2 s'observen les dades de l'IMD anual per tram de carretera i la respectiva variació amb l'any anterior. Les intensitats són semblants en els 2 trams de l'AP7, essent el tram de Barcelona Tarragona una mica més concorregut. En canvi, el tram Lleida Mediterrani té un menor trànsit. En les dades compilades de les autopistes espanyoles es veu una notable diferència entre l'IMD que suporten el tram Montmeló Papiol (AP7) amb un IMD el 2018 de 115.753 a diferència de trams com Valencia-Alicante o Ocaña la Roda amb 19.311 i 4.451 d'IMD respectivament. L'AP7 compta amb una importància estratègica per ser l'únic corredor terrestre que connecta Europa i tota la costa del Mediterrani.

Un altre fet a destacar dins les dades compilades, és la crisi sanitària que va provocar la covid-19 a partir de l'any 2020. Les mesures de prevenció derivades van fer abaixar fins a un 30% el trànsit en carreteres, que en l'any següent es recupera en gran part però no en totalitat. Les dades disponibles arriben fins a setembre, donat que als mesos d'estiu els desplaçaments augmenten (vegeu taula mensual 3) les dades disponibles es mostraran majors, que la mitjana amb la totalitat anual de 2022. També en el gràfic 4 es pot veure l'efecte de la Covid-19 l'any 2020 i el posterior augment l'any 2021 per la tornada a la normalitat i l'alliberament dels peatges el setembre de 2021.



Gràfic 5. Elaboració propia

[4] Disponible en: https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Transport/Accidents-de-tr-nsit-amb-morts-o-ferits-greus-a-Ca/rmgc-ncpb

Taula 1. Evolució de l'IMD per anys (tram Nord)

Dades històriques de l'any respectiu (IMD Total)
*Covid19
**Mitjana amb les dades disponibles (Gener-Setembre)

	Jonquera - Montmeló	%	Bcn - Tgn	%	Lleida - Mediterrani	%
2010	43.522	**-1,6**	54.825	**-4,7**	12.497	**-4,1**
2011	41.656	**-4,3**	51.856	**-5,4**	11.420	**-8,6**
2012	39.166	**-6,0**	47.589	**-8,2**	10.176	**-10,9**
2013	39.479	**0,8**	45.911	**-3,5**	9.467	**-7,0**
2014	41.718	**5,7**	46.888	**2,1**	9.767	**3,2**
2015	43.949	**5,4**	49.860	**6,3**	10.668	**9,2**
2016	45.798	**4,2**	52.459	**5,2**	11.465	**7,5**
2017	47.021	**2,7**	54.255	**3,4**	11.986	**4,5**
2018	47.734	**1,5**	55.672	**2,6**	12.237	**2,1**
2019	48.243	**1,1**	57.021	**2,4**	12.886	**5,3**
2020*	33.865	**-29,8**	41.611	**-27,0**	8.663	**-32,8**
2021	42.671	**26,0**	51.182	**23,0**	11.525	**33,0**
2022**	59.676	**39,9**	71.868	**40,4**	20.994	**82,2**

Elaboració pròpia. Font de les dades: MITMA

Amb la primera taula podem veure un notable augment de l'IMD anual, en la taula 2 amb més detall en l'AP7 Nord, veiem augments de quasi el 100% en el mes de novembre respecte a un any abans de la gratuïtat de les carreteres. Tant els vehicles lleugers com pels pesats han tingut un augment respecte a l'any anterior, però on més s'ha notat ha estat en vehicles lleugers, és a dir, turismes, furgonetes, motocicletes, camionetes, etc.

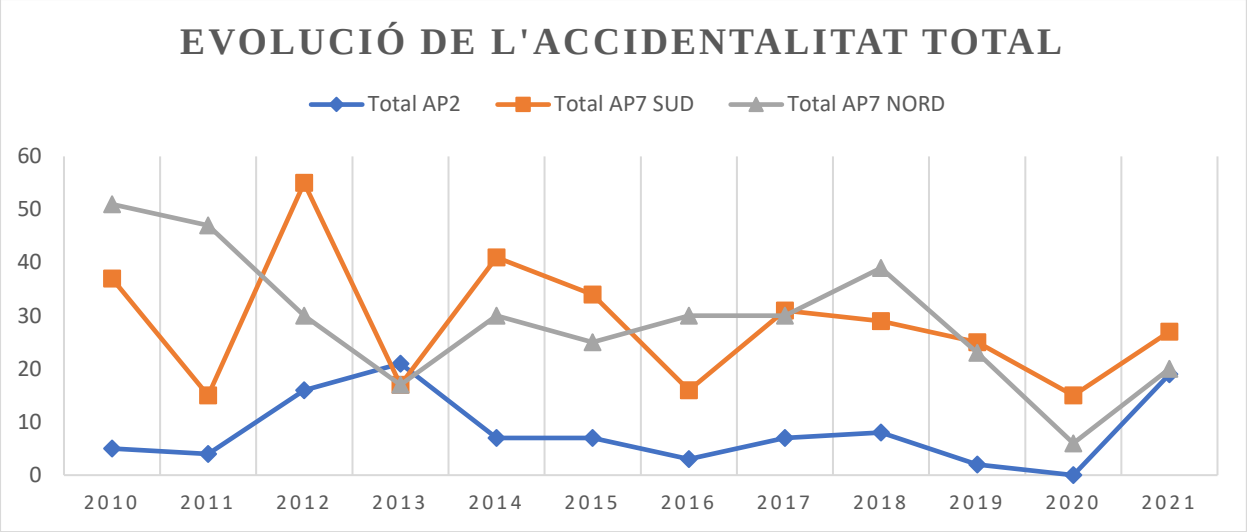
Taula 2. Comparació mensual abans i després dels peatges

El període previ correspon a setembre-agost de 2020-2021, el període posterior correspon a setembre-agost de 2021-2022. Els percentatges corresponen a la variació entre pre i post.

AP7 Nord	Total Post	Total Pre	**%**	Lleuger Post	Lleuger Pre	**%**	Pesat Post	Pesat Pre	**%**
Setembre	63.765	40.999	**56%**	50.489	30.809	**64%**	13.276	10.190	**30%**
Octubre	56.775	35.930	**58%**	42.176	24.780	**70%**	14.599	11.150	**31%**
Novembre	53.403	27.757	**92%**	38.434	15.704	**145 %**	14.969	12.053	**24%**
Desembre	53.753	29.983	**79%**	40.321	18.762	**115 %**	13.432	11.221	**20%**
Gener	44.066	25.459	**73%**	31.728	14.331	**121 %**	12.337	11.128	**11%**
Febrer	50.912	28.258	**80%**	35.627	15.651	**128 %**	15.285	12.607	**21%**
Març	50.622	34.998	**45%**	35.202	22.000	**60%**	15.420	12.998	**19%**
Abril	57.933	35.319	**64%**	43.458	22.979	**89%**	14.475	12.340	**17%**
Maig	61.679	43.953	**40%**	46.186	31.748	**45%**	15.492	12.205	**27%**
Juny	62.187	49.399	**26%**	47.536	36.493	**30%**	14.651	12.906	**14%**
Juliol	72.397	58.839	**23%**	59.045	47.175	**25%**	13.352	11.664	**14%**
Agost	77.639	63.729	**22%**	66.153	54.287	**22%**	11.486	9.442	**22%**

Elaboració pròpia. Font de les dades: MITMA

Finalment, recollim les dades dels accidents amb víctimes per als tres trams com es pot observar en el gràfic 2. Les dades arriben fins al desembre de 2021 i, per tant, no podem acabar de definir si l'augment en el darrer any és causa de la recuperació del trànsit en carreteres postpandèmia o l'alliberament dels peatges.



Gràfic 5. Elaboració propia. Font de dades: Dades Obertes Generalitat: https://analisi.transparenciacatalunya.cat/Transport/Accidents-de-tr-nsit-amb-morts-o-ferits-greus-a-Ca/rmgc-ncpb

Amb les dades disponibles de Catalunya no podrem observar directament l'efecte de l'alliberament dels peatges sobre el nombre d'accidents. El primer motiu és que l'efecte de la pandèmia i els peatges estan molt junts i, per tant, no podríem consolidar quin dels dos fets provoca la variació en els accidents de tràfic en els darrers anys. El segon és la grandària de la mostra, és veritat que podem agafar les dades mensuals en el cas de Catalunya i així comptar amb una mostra més gran, tot i això les característiques de la dada accidents no és lineal en el curt termini i, per tant, presenta una variació molt gran, per això el model podria ser inconsistent si observem el model en un període molt breu de temps. És per això que agafem dades agregades per any en una mostra gran d'autopistes dins d'Espanya. Aparentment observant els gràfics 1 i 2 (tràfic i quilòmetres) amb el gràfic 3 (accidents) no es considera una forta relació. Ja que, autopistes amb baixa IMD poden mostrar dades altes en les víctimes de carretera. En el cas dels trams estudiats a Catalunya l'AP2 respecte a l'AP7 Nord i Sud mostra dades molt diferents, per tant, seria interessant veure el seu efecte del tràfic sobre els accidents també per separat i comparar-les amb les dades agregades de les autopistes espanyoles. Per acabar, les dades d'accidents de les autopistes catalanes i espanyoles s'extreuen de fonts diferents, és per això que la valoració dels accidents podria presentar una lleugera variació.

METODOLOGIA

Donades les dades que recollim en l'apartat anterior presentem el següent model economètric per aproximar l'impacte que té el tràfic sobre els accidents en autopistes:

$$(1)\ Y_t = \exp\left(\beta_0 + \beta_1 \ln IMD_t + \beta_2 lnKm_t + \beta_3 tunel + \sum_{2010}^{2019} \delta_t + \varepsilon\right)$$

Aquest model tracta d'establir, a partir d'una base de dades de panell, la relació entre la variable depenent Y_t, referent al total de víctimes i el total de morts en autopistes, amb les variables independents: el logaritme de l'IMD (β_1), el logaritme dels Km de cada tram de carretera (β_2), una variable qualitativa que pren el valor 1 si el tram és un túnel i 0 en altre cas (β_3) i unes variables dummies que mostren l'efecte del pas dels anys (avanç tecnològic, mesures de seguretat, controls, etc.). D'acord amb les característiques de la variable depenent (una variable que pren valors discrets no negatius) s'estima una equació de regressió de Poisson.

Analitzant les dades recollides sobre els accidents i seguint l'estudi de Fridstom i Ingebrigtsen (1991) desenvolupem la seva explicació en relació amb l'estimació que presenten. El model de Poisson s'utilitza perquè assumeix que la probabilitat que es succeeixi un accident en una àrea geogràfica determinada en un període curt de temps és constant durant tot el període, el que el fa adequat per analitzar dades que involucren fets aleatoris. A més, el model de Poisson assumeix que la variància i la mitja de les dades són iguals, el que el fa útil per estudiar l'estabilitat de les dades al llarg del temps.

No obstant el model de Poisson no sempre és adequat per a totes les dades, ja que pot haver-hi una sobre dispersió, el que significa que la variància de les dades és major a la mitja. En aquests casos convindria emprar el model binomial negatiu, s'assumeix que la freqüència dels fets és aleatòria però no constant, i que existeix una relació entre la freqüència dels fets i el conjunt de variables explicatives.

Per a estimar l'impacte del tràfic sobre els accidents en les autopistes de Catalunya s'ha seguit el mateix model, amb algunes diferències. Les dummies d'any (δ_t) van de 2010 fins a 2021. La variable explicativa β_3 desapareix, ja que els trams observats no disposen de túnels. Per acabar, com l'AP2 i l'AP7 són carreteres amb característiques molt diferents i, per tant, disposen de dades molt diferents com es veu en l'apartat anterior, s'estimen en regressions separades. Per tant, els següents models per les autopistes catalanes quedarien de la següent manera:

AP7 Tram Nord i Tram Sud:

$$(2)\ Y_t = \exp\left(\beta_0 + \beta_1 \ln IMD_t + \beta_2 lnKm_t + \sum_{2011}^{2021} \delta_t + \varepsilon\right)$$

AP2 Lleida – Mediterrani

$$(3)\ Y_t = \exp\left(\beta_0 + \beta_1 \ln IMD_t + \sum_{2011}^{2021} \delta_t + \varepsilon\right)$$

La variable dependent Y_t en les equacions (2) i (3) pren valors referents al total de víctimes, el sumatori de morts i ferits greus i els accidents amb ferits lleus.

Segons les dades i la literatura que observem, la relació entre l'IMD i els accidents a les autopistes d'Espanya no és totalment clara. En el cas de la literatura veiem l'estudi de Dickerson et al. (2004) que agrupa 3 tipus de carreteres fora de ciutats. Els dos primers grups de carreteres amb un flux de tràfic baix i moderat, no resultaven ser rellevants, amb 0'98 i 1'13 respectivament. En canvi, l'últim grup de carreteres amb un flux de tràfic alt si que era rellevant i es presentava una alta externalitat negativa. En el cas de Wang et al. (2009) observava dades d'una de les autopistes més rellevants d'Anglaterra i també resultava una coeficient al tràfic major a 1. En el cas de les autopistes d'Espanya aquestes presenten característiques molt diferents, algunes que sobretot estan a Catalunya, sostenen un tràfic molt més alt que d'altres. És per això, i perquè no disposem de referències acadèmiques que donin resposta a aquesta relació en l'àmbit espanyol que no podem concloure si les variables que definim, i en concret l'IMD serà prou explicatiu.

Si el coeficient de l'IMD és < 1 això voldrà dir que la relació tràfic accidents genera una externalitat positiva, ja que un tràfic elevat fa disminuir els accidents. Si el coeficient és > a 1 voldrà dir que la relació tràfic accidents genera una externalitat negativa,, ja que un tràfic elevat fa augmentar els accidents. En el cas de que el coeficient de l'IMD = 1 la relació seria proporcional, per tant, un augment en tràfic augmentaria de la mateixa manera l'accidentalitat.

Per al cas de la variable corresponent a la llargada de les autopistes (KM) es poden seguir els resultats d'acord amb l'estudi de Wang et al. (2009) on troben 0'13 per a morts i accidents greus i 0'15 per accidents lleus. S'espera que la relació sigui significativa, perquè hi ha molta variació en el quilometratge de les autopistes observades, en l'estudi de Wang no hi ha tanta variació en els trams que seleccionen, per tant, també es podria esperar que el coeficient fos lleugerament major.

Per la variable túnels no disposem de referències acadèmiques, per tant, no podem predir la seva significativitat ni rellevància.

Per últim, la variable corresponent a les dummies d'any hauria de ser significativa en els anys amb una variació més alta, sobretot en l'any 2020 amb la crisi de la Covid-19. Respecte als altres anys no podem concloure la seva rellevància. És per això que es realitzà un test per veure si la variable és rellevant en conjunt en el següent apartat.

En el cas de Catalunya no podem concloure que els resultats puguin ser consistents pel volum de la mostra, però tot i això si són coherents amb les dades agregades podrien tenir caràcter explicatiu. Donades les dades s'esperen valors diferents entre l'AP7 i l'AP2. Seguint la literatura de Dickerson et al. (2004), podria ser que l'AP2 mostres una relació no significativa entre el tràfic i els accidents, ja que es podria situar en un flux baix i moderat. En el cas de l'AP7 podria ser que es situés en l'últim cas de l'estudi literari on en fluxos alts de tràfic la IMD mostra una relació major a 1 i, per tant, se'n deriva una externalitat negativa.

Durant l'execució de les estimacions economètriques es troba que la base de dades presenta problemes d'heteroscedasticitat i correlació. Per un costat la literatura de Romen i Shurt (2016) ens fa sospitar que podria haver-hi una problemàtica de correlació entre la variable explicativa amb el terme d'error, ja que un usuari pot decidir escollir una autopista perquè té un grau de risc menor; és a dir, la variació del tràfic no és exògena respecte als accidents. Això es podria solucionar estimant amb variables instrumentals, en les diferents proves realitzades els resultats no resulten concloents, arran de la literatura dels autors revisats podem assumir que les carreteres són segures i un augment del risc d'accidents no influeix en el flux de tràfic de l'autopista. També per una altra banda tenim problemes d'heteroscedasticitat perquè les dades de la mostra no són constants, per tant, tal com fan Fridstom i Ingebrigtsen (1991) es segueix la Binomial Negativa com s'explica amb anterioritat.

RESULTATS

En la taula 4 que es troba en la part inferior es mostren els principals resultats de la relació entre les variables que s'inclouen en el model econòmetric i l'accidentalitat a les autopistes subjectes a estudi. Addicionalment en l'Annex II s'exposen els resultats complets de les regressions.

Taula 3: Efecte del tràfic sobre el nivell d'accidents en autopistes d'Espanya

	Total víctimes	Total morts
Constant	−9.78973 (0.541137) ***	−10.9737 (0.946548) ***
L_IMD	0.949527 (0.0490021) ***	0.559376 (0.0790207) ***
L_Km	0.885904 (0.0458828) ***	1.15960 (0.0961001) ***
Túnel	0.520737 (0.225134) **	2.89668 (0.600732) ***
Dany_2010	0.657713 (0.172932) ***	1.12579 (0.301846) ***
Dany_2011	0.493671 (0.166503) ***	0.502501 (0.314615) -
Dany_2012	0.726205 (0.214335) ***	0.438572 (0.295228) -
Dany_2013	0.607630 (0.195768) ***	0.537387 (0.322832) *
Dany_2014	0.577662 (0.199775) ***	0.703999 (0.320035) **
Dany_2015	0.315671 (0.128985) **	0.726687 (0.404469) *
Dany_2016	0.322086 (0.145118) **	0.286895 (0.442832)
Dany_2017	0.214084 (0.145775) -	0.494779 (0.303345)
Dany_2018	0.313648 (0.146193) **	0.406234 (0.289753)
Dany_2019	0.346718 (0.141528) **	0.604250 (0.330510) *
Alpha	0.419878 (0.0509741) ***	0.547528 (0.153208) ***
Nombre d'observacions: 457		

Font: elaboració pròpia[5]

[5] Entre parentesis es mostren els error estándar robustos. A més s'indica la significativitat a partir dels asteriscs, essent (***) un 1%, (**) un 5% i (*) un 10%.

Taula 4: Efecte del tràfic sobre el nivell d'accidents en autopistes catalanes

	AP2			AP7		
	Total Víctimes	Morts i Ferits Greus	Ferits Lleus	Total Víctimes	Morts i Ferits Greus	Ferits Lleus
Constant	1.97924 (6.78746)	5.34098 (5.81545)	−6.81247 (8.06720)	−19.9666 (5.82835) ***	−13.8503 (5.38423) **	−33.7145 (9.18819) ***
L_IMD	−0.298844 (0.706815)	−0.753246 (0.619977)	0.569733 (0.846801)	1.40968 (0.309980) ***	1.17006 (0.300155) ***	1.93923 (0.493352) ***
L_Km	-	-	-	1.24672 (0.758234)	0.403976 (0.703977)	2.73162 (1.13831) **
Dany_2011	−0.353547 (1.16179)	0.185588 (1.10694)	−0.909399 (1.20984)	−0.185195 (0.274543)	−0.453917 (0.263108) *	0.0763093 (0.373138)
Dany_2012	1.07286 (0.907276)	0.698811 (0.873772)	1.44104 (0.925595)	0.238632 (0.256646)	0.225692 (0.257001)	0.248443 (0.366663)
Dany_2013	1.31039 (0.928394)	1.41086 (0.927466)	1.21246 (0.965263)	−0.724662 (0.254556) ***	−0.486066 (0.262534) *	−1.25429 (0.509703) **
Dany_2014	0.150708 (1.02196)	0.0740303 (0.946135)	0.627119 (1.12473)	0.0237546 (0.304215)	−0.0839060 (0.315267)	0.187592 (0.450120)
Dany_2015	0.206261 (0.861775)	0.871668 (0.818079)	−0.846423 (1.21470)	−0.397575 (0.304003)	−0.275834 (0.322862)	−0.585905 (0.424292)
Dany_2016	−0.586264 (0.970148)	−0.123299 (0.949173)	−0.963292 (1.19601)	−0.643515 (0.307034) **	−0.575842 (0.291691) **	−0.817195 (0.460231) *
Dany_2017	0.248534 (0.839333)	0.806033 (0.830021)	−0.210492 (1.21182)	−0.312266 (0.286175)	−0.192326 (0.265325)	−0.550293 (0.414765)
Dany_2018	0.427421 (0.890266)	0.620253 (0.881237)	0.334249 (0.935058)	−0.279599 (0.290658)	−0.131498 (0.264938)	−0.566946 (0.459525)
Dany_2019	−0.968020 (0.932675)	−0.0581533 (0.935651)	−26.6678 (0.740326) ***	−0.674075 (0.296974) **	−0.741382 (0.291026) **	−0.619971 (0.427969)
Dany_2020	−26.6558 (0.864747) ***	−24.5966 (0.823394) ***	−26.2740 (0.819959) ***	−0.961789 (0.298025) ***	−0.815532 0.279314 ***	−1.41553 (0.509365) ***
Dany_2021	1.41013 (1.09788)	1.77510 (1.09955)	0.911723 (1.15478)	−0.710122 (0.315397) **	−0.688276 (0.312899) **	−0.678717 (0.478065)
Alpha	6.17223 (1.46825) ***	3.00082 (1.01017) ***	8.07864 (2.56931) ***	1.01744 (0.138725) ***	0.465411 (0.102352) ***	1.85174 (0.340780) ***
Nº Observacions	144	144	144	288	288	288

Font: elaboració pròpia[6]

[6] Entre parentesis es mostren els error estándar robustos. A més s'indica la significativitat a partir dels asteriscs, essent (***) un 1%, (**) un 5% i (*) un 10%.

Tal com s'observa en la taula 4, el tràfic en les autopistes d'Espanya, aproximat per l'IMD, no fa incrementar els accidents[7] per sobre de la mitja quan és estadísticament significativa. No obstant això, l'impacte sobre el nombre d'accidents amb morts d'un vehicle addicional és decreixent. En altres paraules, com més alt és la IMD menor és el risc d'un accident mortal que un automòbil addicional provoca. Per al cas dels quilòmetres trobem que aquestes són rellevants i majors a la literatura analitzada d'acord amb Wang et al., (2009). S'observen valors de 0'89 i 1'16, això vol dir que per a les víctimes que no són mort a les carreteres, més quilometres fan abaixar aproximadament un 10%. Es pot especular que la relació entre els accidents i la longitud del tram és no lineal, d'acord amb Elvik (2006) la ràtio d'accidents baixa a mesura que el nombre de quilòmetres conduïts augmenta (com es va citar en Wang et al. (2009).

Per al cas de la variable que mostra l'afectació dels túnels s'obtenen resultats totalment diferents de les variables anteriors. Els túnels presumeixen ser un punt de més perillositat per les seves característiques es per això que dins dels túnels s'imposen mesures com una reducció de la velocitat o l'obligatorietat de posar les llums. Per aquests motius es podria pensar que, per una banda, fan abaixar les víctimes totals a una significativitat del 5%, ja que la velocitat és menor, però aquests són trams perillosos que provoquen un gran augment en la variable depenent amb morts, sent significativa a l'1%.

Finalment, en el cas de les dummies d'any, es comprova si aquestes són rellevants en conjunt dins del model com es pot veure en l'annex II. Donat que aquestes tenen caràcter explicatiu, s'observa que aquestes variables d'any fan abaixar l'accidentalitat, amb una certa tendència no massa clara, ja que els últims anys on les dummies són més petites no són molt significatives. L'any de referència que s'ha pres és el 2020, per tant, la resta de dummies seran inferiors a l'any de referència per a una mateixa IMD i quilòmetres.

En el cas de Catalunya es fa una segona regressió per veure si s'obtenen resultats molt dispars amb els resultats obtinguts a les autopistes espanyoles (vegeu la taula 5). Es decideix separar l'AP2 dels trams de l'AP7 perquè les duos resulten en xifres molt dispars com bé observem les dades. L'AP2 no mostra cap relació significativa per a total de víctimes, morts i ferits greus i ferits lleus, exceptuant l'any 2020 que és molt significatiu per les seves característiques. En canvi, l'AP7 mostra dades significatives en la relació del tràfic amb els accidents que significaria que hi ha una clara externalitat negativa en l'augment del tràfic a les autopistes en

[7] La suma de reports d'accidents amb ferits lleus, ferits greus i morts.

els accidents de tràfic, sobretot en els ferits lleus. En aquesta regressió l'any de referència de les dummies és l'any 2010 això fa que, aquesta variable prengui valors diferents dels anys de les autopistes espanyoles, i siguin valors negatius. En el cas de l'AP7 que obté alguns anys amb certa significativitat exceptuant 2020, no observem una tendència clara de disminució o augment dels coeficients.

Cost dels accidents

El cost en valor monetari dels accidents l'extraiem de. European Commission. Directorate General for Mobility and Transport. & CE Delft. (2020). En aquest informe explica el 4 components principals que es valoren en un accident de tràfic: Els Costos Humans, la pèrdua de producció, els costos mèdics i els costos administratius.

Els Costos Humans representen el cost més gran dins d'un accident i es mesura amb el VSL (Value of Statical Life o Valor d'una vida Estadística). El concepte VSL es refereix a una mesura utilitzada dins de l'economia per avaluar els riscs i despeses associades amb els accidents. Com s'explica en el Manual Evaluación socioeconómica y financiera de proyectos de transporte. Ministerio de Fomento (2010), tot i la denominació no es pretén assignar un preu a la vida humana en si mateixa, ja que es reconeix que el valor de la vida és incalculable des d'una perspectiva ètica i moral. El VSL per tant, es centra en la quantificació dels canvis en el risc de lesions o de mort. Es basa en la idea que les persones estan disposades a acceptar certs nivells de risc a canvi d'una compensació econòmica. Aquestes s'obtenen a partir d'estudis i enquestes en els que es pregunta a les persones quan estarien disposades a pagar o a acceptar com a compensació per assumir un major risc d'accident.

El procediment per determinar el valor d'una vida estadística implica augmentar les valoracions monetàries assolides en proporció a la necessària per transformar petits canvis en els nivells de risc en una probabilitat propera a la certesa de mort. El manual del Ministeri (2020) dona un exemple on si les persones estan disposades a acceptar un augment del risc de mort en un 1 per cada 10 000 persones a canvi de 100 euros, això significa que el valor d'una vida estadística es considera d'1 milió d'euros.

Per acabar, als costos humans calculats pel manual de la UE li dedueixen la pèrdua de consum per evitar el doble recompte: "Consumption loss is calculated by combiningdata on the consumption expenditure per capita per annum with the amount of life years lost due to an

accident (on average 42 years)" (European Commission. Directorate General for Mobility and Transport. & CE Delft. 2020)

La Pèrdua de producció es basa en la despesa derivada de la reducció de temps de feina i la substitució del capital humà. Per últim, els costos mèdics on es recull per exemple el cost de rehabilitació o de l'ambulància, i els costos administratius on es recull la gestió del tràfic o els danys a les infraestructures.

En la taula 5 podem veure les valoracions monetàries a euros de 2016. Les valoracions de les víctimes greus i lleus es valoren al 13% i 1% del VSL respectivament (HEATCO, 2006, com se cita al European Commission. Directorate General for Mobility and Transport. & CE Delft. 2020)

Taula 5 – Components dels costos externs dels accidents per accident per la UE28 (€2016)

	Costos Humans			Pèrdua de producció			Costos mèdics			Costos administratius		
	Mort	Greu	Lleu	Mort	Greu	Lleu	Mort	Greu	Lleu	Mort	Greu	Lleu
EU	2.907.921	464.844	35.757	361.358	24.055	1.472	2.722	8.280	721	1.909	1.312	564
SP	2.690.282	427.815	32.909	325.423	21.663	1.325	2.451	7.547	650	1.719	1.182	508

Font: (European Commission. Directorate General for Mobility and Transport. & CE Delft., 2020)

Per elaborar una taula basada en els resultats de les regressions, en primer lloc, s'han sumat tots els components de cost, per exemple, per als ferits lleus s'han sumat 32 909+1 325+650+508, així s'ha fet també amb les morts i els ferits greus. El que es pretén és calcular el valor monetari d'augmentar un 1% en el tràfic. Es realitzen 2 taules una pel cas de les autopistes espanyoles i una per l'AP7.

En el cas de l'AP7 s'ha estimat un altre cop la regressió separant les morts i els ferits greus com s'expressa al darrer apartat de l'annex. Els resultats continuen sent rellevants menys l'estimació amb la variable depenent de morts perquè aquestes són molt poc significatives. D'aquesta forma en la taula 6 s'observen els coeficients percentuals de l'IMD de les diferents variables observades. Per calcular aquest percentatge l'hem aplicat a la mitjana de morts, ferits greus, lleus i total. Amb el producte finalment es pot resoldre el valor monetari que s'expressa a la taula 6. Un augment d'un 1% en el tràfic suposarà una variació de 0'74%, 1'31% i 1'94% de morts, ferits greus i ferits lleus respectivament, amb un cost total de 329.934'31€ en accidents.

Taula 6 – Cost monetari d'una augment en el tràfic a l'AP7

	Morts	Ferits greus	Ferits lleus	Total Victimes
Coeficients	0,74%	1,31%	1,94%	1,41%
Mitjana víctimes anual	7,42	27,67	22,42	57,5
Total	0,054908	0,362477	0,434948	0,81075
€	2.868.880	435.297	33.624	
TOTAL (€ 2016)	**157.524,46**	**157.785,15**	**14.624,69**	**329.934,31**

Font: Elaboració pròpia

En el cas de les autopistes d'Espanya com no es disposa de dades desagregades dels accidents s'ha seguit un procediment lleugerament diferent. S'ha agafat el coeficient dels resultats de la taula 4, on un augment de l'1% del tràfic suposa una variació de 0,95% de les víctimes. Per saber quina és la probabilitat que un accident sigui una mort, un ferit lleu o un ferit greu s'han extret les probabilitats de les carreteres catalanes, és a dir de l'AP2, l'AP7 Nord i Sud. D'aquesta forma s'ha extret la mitjana d'accidents desagregada i se segueix el mateix procediment que en la taula anterior. Per tant, un augment d'un 1% en el tràfic suposarà una variació de 0'95% de morts, ferits greus i ferits lleus, amb un cost total de 194.606,4 € en accidents.

Taula 7 – Cost monetari d'una augment en el tràfic a les autopistes espanyoles

Mitjana accidents totals:	45			
	Morts	Ferits greus	Ferits lleus	Total Victimes
Probabilitats	10%	37%	47%	100%
Mitjana víctimes anual	4,45	16,67	13,96	45
Coeficients	0,95%	0,95%	0,95%	0,95%
Total	0,04	0,16	0,13	0,4275
€	2.868.880	435.297	33.624	
TOTAL (€ 2016)	**121.190,34**	**68.956,08**	**4.460,00**	**194.606,4**

Font: Elaboració pròpia

CONCLUSIONS

Amb l'alliberament de peatges a Catalunya s'ha produït un augment del tràfic i també un estalvi per als usuaris d'aquestes autopistes. Tot i que aquest hagi estat l'anunci del MITMA no podem afirmar que aquest sigui l'únic impacte sense veure quines externalitats se'n deriven d'un augment en el tràfic.

L'objectiu d'aquest estudi és calcular l'efecte que ha tingut l'alliberament dels peatges en nombre i cost d'accidents. Per aquests tipus de casos on es mesura l'efecte de la introducció d'un canvi, en l'econometria s'utilitza l'estimador diferències en diferències. Però durant el treball es donen dos problemes, el primer són les dades disponibles, ja que conjuntament amb les variables que hem introduït arriben fins a l'any 2022 amb la qual cosa, no ha passat prou temps per poder mesurar quin efecte se'n deriva d'això. Altrament, l'any 2020 i 2021 els desplaçaments per l'autopista queden afectats per la pandèmia Covid-19 i de la mateixa manera queden afectades les dades.

El segon problema es dona amb les variables principals del model: el nombre d'accidents i la variable IMD. La variable dependent observada és el recompte de cops en què es produeix un esdeveniment aleatori en un període determinat de temps. Aquesta aleatorietat fa que alguns estimadors no siguin apropiats per aquesta estimació. Per això l'elecció d'estimador en aquest treball finalment ha estat la binomial Negativa

Un altre dificultat trobada és en la variable IMD (Intensitat mitjana diària). Aquesta calcula el tràfic i pot estar relacionada amb el terme d'error que calcula el tràfic és la seva correlació amb el terme d'error. Com plantegen Romem & Shurtz (2016) en el seu article es podrien donar problemes d'endogeneïtat, ja que la variació en el tràfic pot dependre de si un conductor està disposat a assumir més risc d'accident, i per tant la variable IMD no és exògena respecte als accidents. Aquesta última es podia resoldre de dues formes: metodològica o referencial. Per una banda, es realitzen proves amb una Variable Instrumental per a l'IMD que no dona resultats esperats per corregir l'endogeneïtat. Per altra banda, atès el document de Romen & Shurts (2016) on comproven que les carreteres considerades segures no fan augmentar el risc quan augmenta el tràfic, podem pensar que les carreteres al territori espanyol són segures i que, per tant, tràfic i accidents no estan correlacionades.

Els resultats ens indiquen que a les autopistes Espanyoles la variació en el tràfic fa variar proporcionalment el total de víctimes (morts, ferits lleus i greus) i, en canvi, redueix el nombre de morts substancialment. S'obtenen coeficients de 0'95 i 0'56 respectivament. Seguint en

manual fet per la direcció general de transports i mobilitat de la Unió Europea s'extreu el valor monetari del cost d'un accident que posteriorment apliquem als valors resultats de la regressió. D'aquesta manera, un augment d'un 1% en el tràfic suposa una variació del 0'95% de les víctimes i un cost de 194.606 € en el cas de les autopistes espanyoles.

Per al cas de Catalunya no s'aplica una regressió conjunta amb els tres trams seleccionats. En el cas de l'AP2 la regressió estimada no és significativa, en canvi, en l'AP7 sí que ho són. Fer la Binomial Negativa amb els tres trams junts suposava que el coeficient de l'IMD es mostrés menor en l'AP7 i, per tant, no real. S'han obtingut valors de -0'30 no significatiu per l'AP2 i 1,41 a l'AP7, significativa al 99%, amb la variable depenent Total Víctimes. En la literatura observada Dickerson et al. (2004) també assolia resultats similars, ja que per a carreteres amb un flux baix de tràfic no trobava valors significatius, en canvi, en un flux alt de tràfic sí que eren significatius i amb una clara externalitat negativa als accidents. El valor monetari de l'AP7 Nord i Sud ha resultat en 329.934'31€ quan es produeix una variació d'un 1% del tràfic. Cal destacar, que les fonts de dades dels accidents s'han tret de llocs oficials, però diferents, per tant, la valoració dels accidents pot ser lleugerament diferents, i per això els valors monetaris mostren certa disparitat.

Amb aquests resultats hem pogut concloure una aproximació a l'impacte de la variació del tràfic en el nombre i cost d'accidents. D'aquesta manera també podem saber com ha impactat un augment del tràfic en els accidents a causa de l'alliberament dels peatges a Catalunya.

Amb la finalitat de millorar l'estudi, en una futura investigació s'haurien de dividir les autopistes en grups que comparteixin característiques i observar els resultats d'aquests grups per separat. Aquestes característiques podrien ser: la velocitat, el nombre de carrils o el percentatge de l'IMD dels vehicles pesants.

Una dificultat trobada en aquest estudi és la falta de dades. L'IMD d'autopistes es controla en les mateixes casetes de peatge, és per això que quan s'acaba la concessió de l'autopista aquesta IMD deixa de calcular-se o bé, es continua calculant, però les dades deixen de ser tan accessibles. Com s'ha comentat abans i continuar millorant l'estudi, a part d'informació rellevant i descriptiva com el nombre de carrils de les autopistes, és necessària informació d'altres tipus de carreteres interurbanes. Perquè aquest estudi fos complet, s'hauria de saber si l'augment del tràfic en les autopistes s'ha produït a partir d'un desplaçament del mateix de carreteres secundàries a l'autopista per l'eliminació dels peatges.

Cal remarcar que els resultats d'aquest estudi proporcionen informació útil per a ens públics en el coneixement dels efectes d'una variació en el tràfic. En un futur, quan es puguin obtenir més dades al respecte es podrà fer una avaluació adequada dels efectes que ha tingut l'alliberament dels peatges en les autopistes més rellevants per a Catalunya i el transport de mercaderies terrestres d'Espanya.

BIBLIOGRAFIA

Dickerson, A., Peirson, J., & Vickerman, R. (2000). Road Accidents and Traffic Flows: An Econometric Investigation. Economica, 67(265), 101-121. https://doi.org/10.1111/1468-0335.00198

European Commission. Directorate General for Mobility and Transport. & CE Delft. (2020). *Handbook on the external costs of transport:* Version 2019 – 1.1. Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2832/51388

Ministerio de Fomento. (2010) *Manual Evaluación socioeconómica y financiera de proyectos de transporte:* http://www.evaluaciondeproyectos.es/EsWeb/Resultados/Manual/PDF/EsManual.pdf

Ministerio de transportes movilidad y agenda urbana. (2010 al 2020) Informe sobre el sector de autopistas en España: https://cvp.mitma.gob.es/carreteras?pagenumber=1&price=0-58&viewmode=list&orderby=15&pagesize=6

Fridstrøm, L., & Ingebrigtsen, S. (1991). An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data∗. Accident Analysis & Prevention, 23(5), 363-378. https://doi.org/10.1016/0001-4575(91)90057-C

Romem, I., & Shurtz, I. (2016). The accident externality of driving: Evidence from observance of the Jewish Sabbath in Israel. *Journal of Urban Economics*, 96, 36-54. https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.07.004

Tang, C. K., & van Ommeren, J. (2021). Accident externality of driving: Evidence from the London Congestion Charge. *Tinbergen Institute Discussion Paper 2020-080/VIII.* https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3736929

Wang, C., Quddus, M. A., & Ison, S. G. (2009). Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the M25 motorway in England. Accident Analysis & Prevention, 41(4), 798-808. https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.04.002

ANNEX

Annex I – Base de dades

Variació total de l'IMD i el PIB de les autopistes Espanyoles

	Var IMD Total	PIB
2010		0,20%
2011	-5,58%	-0,80%
2012	-10,88%	-3,00%
2013	-5,33%	-1,40%
2014	4,33%	1,40%
2015	28,05%	3,80%
2016	6,03%	3,00%
2017	4,89%	3,00%
2018	2,80%	2,30%
2019	4,72%	2,00%

Mostra IMD de 147

Taula 1. Elaboració pròpia. Font de dades: MITMA

Autopistes d'Espanya a la mostra:

1. Montmeló-Papiol
2. Barcelona-Montmeló
3. Barcelona-Tarragona
4. Montgat-Tordera
5. Montmeló-La Jonquera
6. Túneles de Vallvidrera
7. Málaga-Estepona
8. Límite Gipuzkoa/BizkaiaBehobia
9. Bilbao-Límite Bizkaia/ Gipuzkoa
10. Villalba-Adanero
11. Castelldefels-El Vendrell
12. Ferrol-Fron.portuguesa
13. Sevilla-Cádiz
14. Burgos-Armiñón
15. Valencia-Alicante
16. Sant Cugat-Manresa
17. AP-68-Irurzun
18. Eje Aeropuerto
19. Tarragona-Valencia
20. Alicante-Cartagena
21. Estepona-Guadiaro
22. Madrid-Arganda
23. A Coruña-Carballo
24. Bilbao-Zaragoza
25. Zaragoza-Mediterráneo
26. Madrid-Navalcarnero
27. León-Campomanes
28. Madrid-Guadalajara
29. Túneles de Artxanda
30. AP-6 (Villacastín)-Ávila
31. Madrid-Ocaña
32. Puxeiros-Val Miñor
33. Túnel de Sóller
34. Circunvalación de Alicante
35. Túnel del Cadí
36. AP-6 (El Espinar)-Segovia
37. Santiago-Alto de Sto. Domingo
38. León-Astorga
39. Ocaña-La Roda
40. Cartagena-Vera
41. Madrid-Toledo
42. Alto de las Pedrizas-Málaga (no hi ha observacions fins 2013)
43. Eibar (conexión AP-1/AP-8)-Límite Gipuzkoa/Álava (no hi ha observacions fins 2015)

Annex II – Resultats complets

Resultats de Wald Test en autospistes d'Espanya

1. Hipòtesis nul·la: els paràmetres de la regressió son 0 per les variables: Dany_2010, Dany_2011, Dany_2012, Dany_2013, Dany_2014, Dany_2015, Dany_2016, Dany_2017, Dany_2018 i Dany_2019.

Test statistic: Robust F(10, 443) = 2.86951, p-value 0.00177021. Per tant les variables es mostren rellevant per al Total de Victimes

2. Hipòtesis nul·la: els paràmetres de la regressió son 0 per les variables: Dany_2010, Dany_2011, Dany_2012, Dany_2013, Dany_2014, Dany_2015, Dany_2016, Dany_2017, Dany_2018 i Dany_2019.

Test statistic: Robust F(10, 443) = 2.08393, p-value 0.0244856. Per tant les variables es mostren rellevant per a les Morts.

Taula 8: Efecte del model sobre el Total de víctimes (autopistes d'Espanya)

Binomial Negativa					
Total Víctimes	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−9.78973	0.541137	−18.09	3.75e-073	***
L_IMD	0.949527	0.0490021	19.38	1.20e-083	***
L_Km	0.885904	0.0458828	19.31	4.60e-083	***
Túnel	0.520737	0.225134	2.313	0.0207	**
Dany_2010	0.657713	0.172932	3.803	0.0001	***
Dany_2011	0.493671	0.166503	2.965	0.0030	***
Dany_2012	0.726205	0.214335	3.388	0.0007	***
Dany_2013	0.607630	0.195768	3.104	0.0019	***
Dany_2014	0.577662	0.199775	2.892	0.0038	***
Dany_2015	0.315671	0.128985	2.447	0.0144	**
Dany_2016	0.322086	0.145118	2.219	0.0265	**
Dany_2017	0.214084	0.145775	1.469	0.1419	
Dany_2018	0.313648	0.146193	2.145	0.0319	**
Dany_2019	0.346718	0.141528	2.450	0.0143	**
Alpha	0.419878	0.0509741	8.237	1.76e-016	***

Nombre d'obs. = 144

Chi-square(13) = 1306.775

Fuente: Elaboración propia

Taula 9: Efecte del model sobre el total de morts (autopistes d'Espanya)

Binomial Negativa					
Total de morts	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−10.9737	0.946548	−11.59	4.45e-031	***
L_IMD	0.559376	0.0790207	7.079	1.45e-012	***
L_Km	1.15960	0.0961001	12.07	1.59e-033	***
Túnel	2.89668	0.600732	4.822	1.42e-06	***
Dany_2010	1.12579	0.301846	3.730	0.0002	***
Dany_2011	0.502501	0.314615	1.597	0.1102	
Dany_2012	0.438572	0.295228	1.486	0.1374	
Dany_2013	0.537387	0.322832	1.665	0.0960	*
Dany_2014	0.703999	0.320035	2.200	0.0278	**
Dany_2015	0.726687	0.404469	1.797	0.0724	*
Dany_2016	0.286895	0.442832	0.6479	0.5171	
Dany_2017	0.494779	0.303345	1.631	0.1029	
Dany_2018	0.406234	0.289753	1.402	0.1609	
Dany_2019	0.604250	0.330510	1.828	0.0675	*
Alpha	0.547528	0.153208	3.574	0.0004	***

Nombre d'obs. = 144

Chi-square(13) = 309.4682

Fuente: Elaboración propia

Resultats de Wald Test en autopistes de Catalunya – AP2

1. Hipòtesis nul·la: els paràmetres de la regressió son 0 per les variables: Dany_2011, Dany_2012, Dany_2013, Dany_2014, Dany_2015, Dany_2016, Dany_2017, Dany_2018, Dany_2019, Dany_2020 i Dany_2021.

Test statistic: Robust F(11, 131) = 389.365, p-value 2.63585e-094. Per tant les variables es mostren rellevant per al Total de Victimes

2. Hipòtesis nul·la: els paràmetres de la regressió son 0 per les variables: Dany_2011, Dany_2012, Dany_2013, Dany_2014, Dany_2015, Dany_2016, Dany_2017, Dany_2018, Dany_2019, Dany_2020 i Dany_2021.

Test statistic: Robust F(11, 131) = 645.798, p-value 2.4435e-108. Per tant les variables es mostren rellevant per a Ferits lleus.

3. Hipòtesis nul·la: els paràmetres de la regressió son 0 per les variables: Dany_2011, Dany_2012, Dany_2013, Dany_2014, Dany_2015, Dany_2016, Dany_2017, Dany_2018, Dany_2019, Dany_2020 i Dany_2021.

Test statistic: Robust F(11, 131) = 282.806, p-value 1.51038e-085. Per tant les variables es mostren rellevant per a Morts i ferits greus.

Taula 10: Efecte del model sobre el total de víctimes (AP2)

Binomial Negativa					
Total Víctimes	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	1.97924	6.78746	0.2916	0.7706	
L_IMD	−0.298844	0.706815	−0.4228	0.6724	
Dany_2011	−0.353547	1.16179	−0.3043	0.7609	
Dany_2012	1.07286	0.907276	1.183	0.2370	
Dany_2013	1.31039	0.928394	1.411	0.1581	
Dany_2014	0.150708	1.02196	0.1475	0.8828	
Dany_2015	0.206261	0.861775	0.2393	0.8108	
Dany_2016	−0.586264	0.970148	−0.6043	0.5456	
Dany_2017	0.248534	0.839333	0.2961	0.7671	
Dany_2018	0.427421	0.890266	0.4801	0.6312	
Dany_2019	−0.968020	0.932675	−1.038	0.2993	
Dany_2020	−26.6558	0.864747	−30.82	1.21e-208	***
Dany_2021	1.41013	1.09788	1.284	0.1990	
Alpha	6.17223	1.46825	4.204	2.62e-05	***

Nombre d'obs. = 144

Chi-square(12) = 6073.191

Fuente: Elaboración propia

Taula 11: Efecte del model sobre el total de morts i ferits greus (AP2)

Binomial Negativa					
Total de morts i ferits greus	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	5.34098	5.81545	0.9184	0.3584	
L_IMD	−0.753246	0.619977	−1.215	0.2244	
Dany_2011	0.185588	1.10694	0.1677	0.8669	
Dany_2012	0.698811	0.873772	0.7998	0.4238	
Dany_2013	1.41086	0.927466	1.521	0.1282	
Dany_2014	0.0740303	0.946135	0.07824	0.9376	
Dany_2015	0.871668	0.818079	1.066	0.2866	
Dany_2016	−0.123299	0.949173	−0.1299	0.8966	
Dany_2017	0.806033	0.830021	0.9711	0.3315	
Dany_2018	0.620253	0.881237	0.7038	0.4815	
Dany_2019	−0.0581533	0.935651	−0.06215	0.9504	
Dany_2020	−24.5966	0.823394	−29.87	4.53e-196	***
Dany_2021	1.77510	1.09955	1.614	0.1064	
Alpha	3.00082	1.01017	2.971	0.0030	***

Nombre d'obs. = 144

Chi-square(12) = 4762.778

Fuente: Elaboración propia

Taula 12: Efecte del model sobre el total ferits lleus (AP2)

Binomial Negativa					
Ferits lleus	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−6.81247	8.06720	−0.8445	0.3984	
L_IMD	0.569733	0.846801	0.6728	0.5011	
Dany_2011	−0.909399	1.20984	−0.7517	0.4523	
Dany_2012	1.44104	0.925595	1.557	0.1195	
Dany_2013	1.21246	0.965263	1.256	0.2091	
Dany_2014	0.627119	1.12473	0.5576	0.5771	
Dany_2015	−0.846423	1.21470	−0.6968	0.4859	
Dany_2016	−0.963292	1.19601	−0.8054	0.4206	
Dany_2017	−0.210492	1.21182	−0.1737	0.8621	
Dany_2018	0.334249	0.935058	0.3575	0.7207	
Dany_2019	−26.6678	0.740326	−36.02	3.83e-284	***
Dany_2020	−26.2740	0.819959	−36.04	2.75e-225	***
Dany_2021	0.911723	1.15478	0.7895	0.4298	
Alpha	8.07864	2.56931	3.144	0.0017	***

Nombre d'obs. = 144

Chi-square(12) = 7120.215

Fuente: Elaboración propia

Resultats de Wald Test en autopistes de Catalunya – AP7

1. Hipòtesis nul·la: els paràmetres de la regressió son 0 per les variables: Dany_2011, Dany_2012, Dany_2013, Dany_2014, Dany_2015, Dany_2016, Dany_2017, Dany_2018, Dany_2019, Dany_2020 i Dany_2021.

Test statistic: Robust F(11, 274) = 3.05138, p-value 0.000714637. Per tant les variables es mostren rellevant per al Total de Victimes

2. Hipòtesis nul·la: els paràmetres de la regressió son 0 per les variables: Dany_2011, Dany_2012, Dany_2013, Dany_2014, Dany_2015, Dany_2016, Dany_2017, Dany_2018, Dany_2019, Dany_2020 i Dany_2021.

Test statistic: Robust F(11, 274) = 2.43855, p-value 0.00647588. Per tant les variables es mostren rellevant per a Ferits lleus.

3. Hipòtesis nul·la: els paràmetres de la regressió son 0 per les variables: Dany_2011, Dany_2012, Dany_2013, Dany_2014, Dany_2015, Dany_2016, Dany_2017, Dany_2018, Dany_2019, Dany_2020 i Dany_2021.

Test statistic: Robust F(11, 274) = 2.49328, p-value 0.00534715. Per tant les variables es mostren rellevant per a Morts i ferits greus.

Taula 13: Efecte del model sobre el total de víctimes (AP7)

Binomial Negativa					
Total Víctimes	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−19.9666	5.82835	−3.426	0.0006	***
L_IMD	1.40968	0.309980	4.548	5.42e-06	***
L_Km	1.24672	0.758234	1.644	0.1001	
Dany_2011	−0.185195	0.274543	−0.6746	0.5000	
Dany_2012	0.238632	0.256646	0.9298	0.3525	
Dany_2013	−0.724662	0.254556	−2.847	0.0044	***
Dany_2014	0.0237546	0.304215	0.07809	0.9378	
Dany_2015	−0.397575	0.304003	−1.308	0.1909	
Dany_2016	−0.643515	0.307034	−2.096	0.0361	**
Dany_2017	−0.312266	0.286175	−1.091	0.2752	
Dany_2018	−0.279599	0.290658	−0.9620	0.3361	
Dany_2019	−0.674075	0.296974	−2.270	0.0232	**
Dany_2020	−0.961789	0.298025	−3.227	0.0013	***
Dany_2021	−0.710122	0.315397	−2.252	0.0244	**
Alpha	1.01744	0.138725	7.334	2.23e-013	***

Nombre d'obs. = 288

Chi-square(13) = 52.72558

Fuente: Elaboración propia

Taula 14: Efecte del model sobre el total de morts i ferits greus (AP7)

Binomial Negativa					
Total morts i ferits lleus	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−13.8503	5.38423	−2.572	0.0101	**
L_IMD	1.17006	0.300155	3.898	9.69e-05	***
L_Km	0.403976	0.703977	0.5738	0.5661	
Dany_2011	−0.453917	0.263108	−1.725	0.0845	*
Dany_2012	0.225692	0.257001	0.8782	0.3798	
Dany_2013	−0.486066	0.262534	−1.851	0.0641	*
Dany_2014	−0.0839060	0.315267	−0.2661	0.7901	
Dany_2015	−0.275834	0.322862	−0.8543	0.3929	
Dany_2016	−0.575842	0.291691	−1.974	0.0484	**
Dany_2017	−0.192326	0.265325	−0.7249	0.4685	
Dany_2018	−0.131498	0.264938	−0.4963	0.6197	
Dany_2019	−0.741382	0.291026	−2.547	0.0109	**
Dany_2020	−0.815532	0.279314	−2.920	0.0035	***
Dany_2021	−0.688276	0.312899	−2.200	0.0278	**
Alpha	0.465411	0.102352	4.547	5.44e-06	***

Nombre d'obs. = 288

Chi-square(13) = 41.66118

Fuente: Elaboración propia

Taula 15: Efecte del model sobre el total de ferits lleus (AP7)

Binomial Negativa					
Ferits lleus	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−33.7145	9.18819	−3.669	0.0002	***
L_IMD	1.93923	0.493352	3.931	8.47e-05	***
L_Km	2.73162	1.13831	2.400	0.0164	**
Dany_2011	0.0763093	0.373138	0.2045	0.8380	
Dany_2012	0.248443	0.366663	0.6776	0.4980	
Dany_2013	−1.25429	0.509703	−2.461	0.0139	**
Dany_2014	0.187592	0.450120	0.4168	0.6769	
Dany_2015	−0.585905	0.424292	−1.381	0.1673	
Dany_2016	−0.817195	0.460231	−1.776	0.0758	*
Dany_2017	−0.550293	0.414765	−1.327	0.1846	
Dany_2018	−0.566946	0.459525	−1.234	0.2173	
Dany_2019	−0.619971	0.427969	−1.449	0.1474	
Dany_2020	−1.41553	0.509365	−2.779	0.0055	***
Dany_2021	−0.678717	0.478065	−1.420	0.1557	
Alpha	1.85174	0.340780	5.434	5.52e-08	***

Nombre d'obs. = 288

Chi-square(13) = 42.92045

Fuente: Elaboración propia

Noves regressions de l'AP7 per calcular el cost dels accidents

Taula 16: Efecte del model sobre el total de víctimes (AP7)

Binomial Negativa					
Total Victimes	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−19.9666	5.82835	−3.426	0.0006	***
L_IMD	1.40968	0.309980	4.548	5.42e-06	***
L_Km	1.24672	0.758234	1.644	0.1001	
Dany_2011	−0.185195	0.274543	−0.6746	0.5000	
Dany_2012	0.238632	0.256646	0.9298	0.3525	
Dany_2013	−0.724662	0.254556	−2.847	0.0044	***
Dany_2014	0.0237546	0.304215	0.07809	0.9378	
Dany_2015	−0.397575	0.304003	−1.308	0.1909	
Dany_2016	−0.643515	0.307034	−2.096	0.0361	**
Dany_2017	−0.312266	0.286175	−1.091	0.2752	
Dany_2018	−0.279599	0.290658	−0.9620	0.3361	
Dany_2019	−0.674075	0.296974	−2.270	0.0232	**
Dany_2020	−0.961789	0.298025	−3.227	0.0013	***
Dany_2021	−0.710122	0.315397	−2.252	0.0244	**
Alpha	1.01744	0.138725	7.334	2.23e-013	***

Nombre d'obs. = 288

Chi-square(13) = 52.72558

Fuente: Elaboració propia

Taula 17: Efecte del model sobre el total de morts (AP7)

Binomial Negativa					
Total morts	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−20.9386	10.5233	−1.990	0.0466	**
L_IMD	0.740470	0.570869	1.297	0.1946	
L_Km	2.53125	1.32719	1.907	0.0565	*
Dany_2011	−0.761301	0.679724	−1.120	0.2627	
Dany_2012	−0.207906	0.530340	−0.3920	0.6950	
Dany_2013	−0.363833	0.428781	−0.8485	0.3961	
Dany_2014	−0.711095	0.580638	−1.225	0.2207	
Dany_2015	−1.00543	0.518707	−1.938	0.0526	*
Dany_2016	−0.819687	0.542957	−1.510	0.1311	
Dany_2017	−0.242247	0.479958	−0.5047	0.6138	
Dany_2018	−0.264760	0.501469	−0.5280	0.5975	
Dany_2019	0.0434302	0.432937	0.1003	0.9201	
Dany_2020	−0.783209	0.556944	−1.406	0.1596	
Dany_2021	−0.146364	0.415349	−0.3524	0.7245	
Alpha	0.618896	0.351890	1.759	0.0786	*

Nombre d'obs. = 288

Chi-square(13) = 16.16875

Fuente: Elaboració propia

Taula 18: Efecte del model sobre el total de ferits greus (AP7)

Binomial Negativa					
Ferits greus	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−13.1762	6.14370	−2.145	0.0320	**
L_IMD	1.30639	0.336685	3.880	0.0001	***
L_Km	−0.0965768	0.784698	−0.1231	0.9020	
Dany_2011	−0.379758	0.302145	−1.257	0.2088	
Dany_2012	0.321719	0.276623	1.163	0.2448	
Dany_2013	−0.523198	0.345101	−1.516	0.1295	
Dany_2014	0.0474711	0.322744	0.1471	0.8831	
Dany_2015	−0.139578	0.344724	−0.4049	0.6856	
Dany_2016	−0.521769	0.338480	−1.542	0.1232	
Dany_2017	−0.182938	0.303193	−0.6034	0.5463	
Dany_2018	−0.0918919	0.286668	−0.3206	0.7486	
Dany_2019	−1.11780	0.345692	−3.234	0.0012	***
Dany_2020	−0.851880	0.324197	−2.628	0.0086	***
Dany_2021	−0.903569	0.383189	−2.358	0.0184	**
Alpha	0.481445	0.119974	4.013	6.00e-05	***

Nombre d'obs. = 288

Chi-square(13) = 50.58102

Fuente: Elaboració propia

Taula 19: Efecte del model sobre el total de ferits lleus (AP7)

Binomial Negativa					
Ferits lleus	Coef	Std.Err	z	p-value	
Constant	−33.7145	9.18819	−3.669	0.0002	***
L_IMD	1.93923	0.493352	3.931	8.47e-05	***
L_Km	2.73162	1.13831	2.400	0.0164	**
Dany_2011	0.0763093	0.373138	0.2045	0.8380	
Dany_2012	0.248443	0.366663	0.6776	0.4980	
Dany_2013	−1.25429	0.509703	−2.461	0.0139	**
Dany_2014	0.187592	0.450120	0.4168	0.6769	
Dany_2015	−0.585905	0.424292	−1.381	0.1673	
Dany_2016	−0.817195	0.460231	−1.776	0.0758	*
Dany_2017	−0.550293	0.414765	−1.327	0.1846	
Dany_2018	−0.566946	0.459525	−1.234	0.2173	
Dany_2019	−0.619971	0.427969	−1.449	0.1474	
Dany_2020	−1.41553	0.509365	−2.779	0.0055	***
Dany_2021	−0.678717	0.478065	−1.420	0.1557	
Alpha	1.85174	0.340780	5.434	5.52e-08	***

Nombre d’obs. = 288

Chi-square(13) = 42.92045

Fuente: Elaboració propia