
INFORME TÈCNIC SOBRE EL DESENVOLUPAMENT DE LA METODOLOGIA DE CÀLCUL DELS TRAMS DE CONCENTRACIÓ D'ESLLAVISSADES A LA XARXA DE CARRETERES DE LA GENCAT

PR-GENCAT-2021_05_06-TC-DESLIZAMIENTOS

Ed.	01
Data	17/09/2021
Preparat per	PFQ
Revisat per	IPS

ÍNDIX

1	Objecte	1
2	Antecedents	1
3	Documentació existent	1
4	Revisió de les propostes de càlcul.....	2
4.1	Metodologia de la finestra flotant per a la identificació de TCE.....	2
4.2	Metodologia KDE+ del CDV - Transport Research Centre (Txèquia).....	6
4.3	Metodologia proposta.....	9
5	Desenvolupament de la metodologia escollida	10
5.1	Identificació dels trams TCE amb KDE+	10
5.1.1	Identificació mitjançant dades de partida georeferenciades (Shape)	10
5.1.2	Identificació mitjançant dades de partida en format taula	13
5.2	Calibratge i jerarquització dels trams TCE segons la magnitud de les incidències	21
6	Conclusions	26

1 Objecte

L'objecte d'aquest informe és la revisió i anàlisi de diverses propostes de càlcul dels trams de concentració d'esllavissades (TCE), la seva comparació i el desenvolupament de la metodologia proposada, la seva evaluació amb dades reals, ajust i calibrat de la mateixa.

2 Antecedents

Al maig de 2021 INES enginyers va ser adjudicatària del contracte "Desenvolupament de la metodologia de càlcul dels trams de concentració d'esllavissades a la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya", amb expedient número C-20077-SE.

D'acord amb aquest contracte, la Direcció General d'Infraestructures de mobilitat de la Generalitat de Catalunya encarrega a INES Enginyers la revisió i anàlisi de diverses propostes de càlcul dels trams de concentració d'esllavissades (TCE), les quals es descriuen en els documents tècnics enumerats en el següent apartat, la seva comparació i el desenvolupament de la metodologia proposada, prova amb dades reals, ajust i calibrat de la mateixa.

3 Documentació existent

A continuació, s'indica la documentació analitzada:

- [1] *"Estudi d'identificació dels trams de concentració d'accidents frontals i itineraris d'acumulació d'accidents frontals de la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya (2012-2016)"*. Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat, Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, març de 2019.
- [2] *"Estudi de desprendiments a la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya"*. Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat, Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, maig de 2015.
- [3] *"On reliable identification of factors influencing wildlife-vehicle collisions along roads"*. Journal of Environmental Management 237C, 297-304. Bíl, M., Andrášik, R., Duľa, M., Sedoník, J., 2019.

Aquest article de recerca es basa en l'ús del Software KDE+ del CDV - Transport Research Centre (Olomouc, Txèquia). Bíl, M., Andrášik, R., Svoboda, T., Sedoník, J. Web: www.kdeplus.cz.

Així mateix, es compta amb llistats d'incidències en les carreteres de la xarxa de la Gencat (20210729_incidencies.xls) incloent la localització dels trams identificats en format KML, així com llistats per a la carretera BP-1103 (20201109_BP1103_incidencies.xls) i per campanyes anteriors (201104_Campanyes anteriors_BP1103.xls).

4 Revisió de les propostes de càlcul

Després de la revisió i anàlisi dels documents [1], [2] i [3], en aquest apartat es realitza una descripció de les dues propostes per al càlcul dels TCE, basades en la metodologia detallada en cada estudi. Finalment, es proposa una tercera alternativa que inclou els avantatges identificats en cadascuna de les propostes analitzades.

4.1 Metodologia de la finestra flotant per a la identificació de TCE

Aquesta metodologia es desenvolupa en profunditat en el document [1] per a l'estudi d'identificació dels trams de concentració d'accidents frontals (TCAF) i els itineraris d'acumulació d'accidents frontals (IAAF) de la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya, així com en altres estudis anàlegs realitzats per ells (accidents amb motoristes, accidents amb animals ungulats, etc.).

L'estudi es basa en la identificació dels trams de carretera on s'hi registra una accidentalitat (expressada en freqüència o gravetat) superior a l'esperada, en aquest cas aplicada a accidents frontals, però la seva metodologia és extrapolable a una altra mena d'accidents com els d'esllavissades.

En aquest estudi, les dades utilitzades són els accidents amb resultat de víctimes mortals, greus o lleus registrats en el període estudiat 2012-2016, en trams fora d'intersecció en carreteres de calçada única. S'exclouen d'aquest anàlisi els accidents que succeeixen en la pròpia intersecció, ja que en aquests casos l'accident normalment està relacionat amb els moviments de la mateixa intersecció.

El procés d'identificació dels trams de concentració d'accidents amb aquesta metodologia consisteix en l'aplicació d'una **finestra flotant** als trams estudiats per detectar amb més precisió els trams conflictius i la implementació de criteris amb base estadística que serveixin per establir un llindar a partir del qual es considera que un tram té una accidentalitat excessiva. Aquesta metodologia té en compte no sols la freqüència sinó també la gravetat de l'accident, donant més importància als accidents de més gravetat.

La finestra flotant és un procediment alternatiu i més efectiu que la segmentació fixa de la carretera. Aquesta segmentació es basa a subdividir la xarxa en trams dinàmics amb petits decalcatges entre ells d'una certa distància, solapant-se entre si. En cada finestra es comprova si es compleixen els criteris definits per identificar el tram com a TCA (llindar que es defineix estadísticament com s'explicarà més endavant) i posteriorment es combinen tots els trams que quedin superposats i que superen el llindar definit per a obtenir un TCA conjunt. D'aquesta manera, aquesta segmentació és molt eficaç per a no perdre informació important i passar per altes zones amb alta concentració d'accidents.

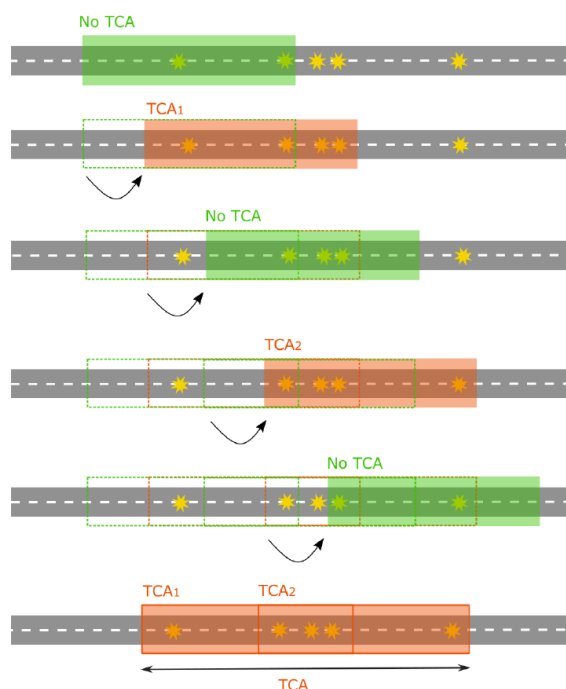


Figura nº 1. Procés d'identificació de trams TCA a partir de la finestra flotant. Font: Estudi Gencat [1]

La longitud de la finestra per a l'anàlisi depèn del tipus de problemes que es volen detectar. Longituds baixes de finestra permeten identificar trams amb problemes locals d'accidentalitat, mentre que una longitud més gran és millor per identificar itineraris llargs amb problemes generals d'accidentalitat. El més adequat és fer dos anàlisis amb longituds de finestra diferent per poder identificar els dos tipus de problemes (en el cas de l'estudi [1] s'ha utilitzat una finestra flotant de 5,000 m de longitud per als IAAF i de 1,000 m de longitud per als TCAF, així com un decalatge de 100 m entre finestres).

Per determinar el llindar a partir del qual es considerarà que un tram ha registrat una accidentalitat extrema, s'han d'ajustar les dades d'accidentalitat a una distribució estadística teòrica que prèviament s'ha de definir. El llindar correspon a l'interval de confiança de la funció teòrica ajustada.

En el cas de l'estudi [1], la freqüència i gravetat dels accidents frontals s'ajusta perfectament a una distribució binomial negativa (BN), justificat mitjançant el gràfic de Skewness-kurtosis i amb el test Chi-quadrant. Utilitzant la funció de densitat de la distribució BN s'obtenen els paràmetres d'ajust, paràmetre d'escala (n) i mitjana (μ) i amb ells es calculen els quantils del nombre d'accidents (freqüència) i nombre d'accidents ponderats (gravetat) per als diferents valors de probabilitat. Finalment s'utilitza el quantil per al nivell de confiança del 99% com a llindar per determinar els trams amb excés de concentració d'accidents.

La ponderació dels accidents per gravetat consisteix en aplicar un pes específic diferent a cada succés en funció de la seva gravetat (accident mortal, greu o lleu). Per a jerarquitzar els diferents trams obtinguts entre si (IAAF i TCAF) s'utilitza l'índex de gravetat (IG) amb una fórmula que dona un pes exponencial als accidents mortals.

D'altra banda, s'ha revisat l'estudi [2] sobre desprendiments en la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya, es tracta d'un document intern de la *Direcció General d'Infraestructures de Mobilitat Terrestre* en el qual es detallen els resultats dels estudis i avaluacions realitzades en la identificació de Trams de Concentració d'Esllavissades (TCE), per al seu càlcul es realitza una revisió de dades estadístiques de la població, es mostren els TCE identificats sobre el mapa de la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya i es realitzen propostes d'actuació. En aquest document també es resumeix el Sistema de Gestió de Talussos implementat per la Generalitat de Catalunya i el protocol d'informació de sinistres a causa de caigudes de blocs.

Els trams TCE identificats en l'estudi anterior s'han obtingut emprant trams d'estudi de 5,000 m en els quals es determina el nombre d'incidències ocorregudes i, finalment, es classifiquen únicament en funció del nombre d'esdeveniments ocorreguts.

CARRETERA	PK I	PKF	MUNICIPI	NÚMERO INCIDÈNCIES
BP-1103	0+000	7+000	Montserrat	25
C-28	38+522	43+522	Naut Aran	22
C-55	15+290	20+290	Monistrol de Montserrat	21
C-31	170+283	175+283	Costes del Garraf	18
C-31	167+151	172+152	Costes del Garraf	18
C-16	101+536	106+536	Berga -Cercs	15
C-14	161+308	166+308	Organyà	14
C-13	137+200	142+200	Rialp -Llavorsí	14
C-13	132+200	137+200	Sort-Rialp	14
C-13	67+200	72+200	Vilanova de Meià -Camarasa	11

Figura nº 2. Identificació de trams TCE i classificació per nombre d'incidències. Font: Estudi Gencat [2]

Els resultats de la identificació de trams de concentració d'esllavissades (TCE) obtinguts emprant aquesta metodologia es mostren en la següent figura. En aquesta podem observar el número tan elevat de trams identificats, aproximadament un 74.5% de la xarxa de carreteres amb titularitat de la Generalitat de Catalunya. Això es deu a l'ús d'intervalos fixos de 5,000 m com a unitat d'anàlisi en la qual es determina si se supera el llindar (també fix) per a considerar el tram com TCE.

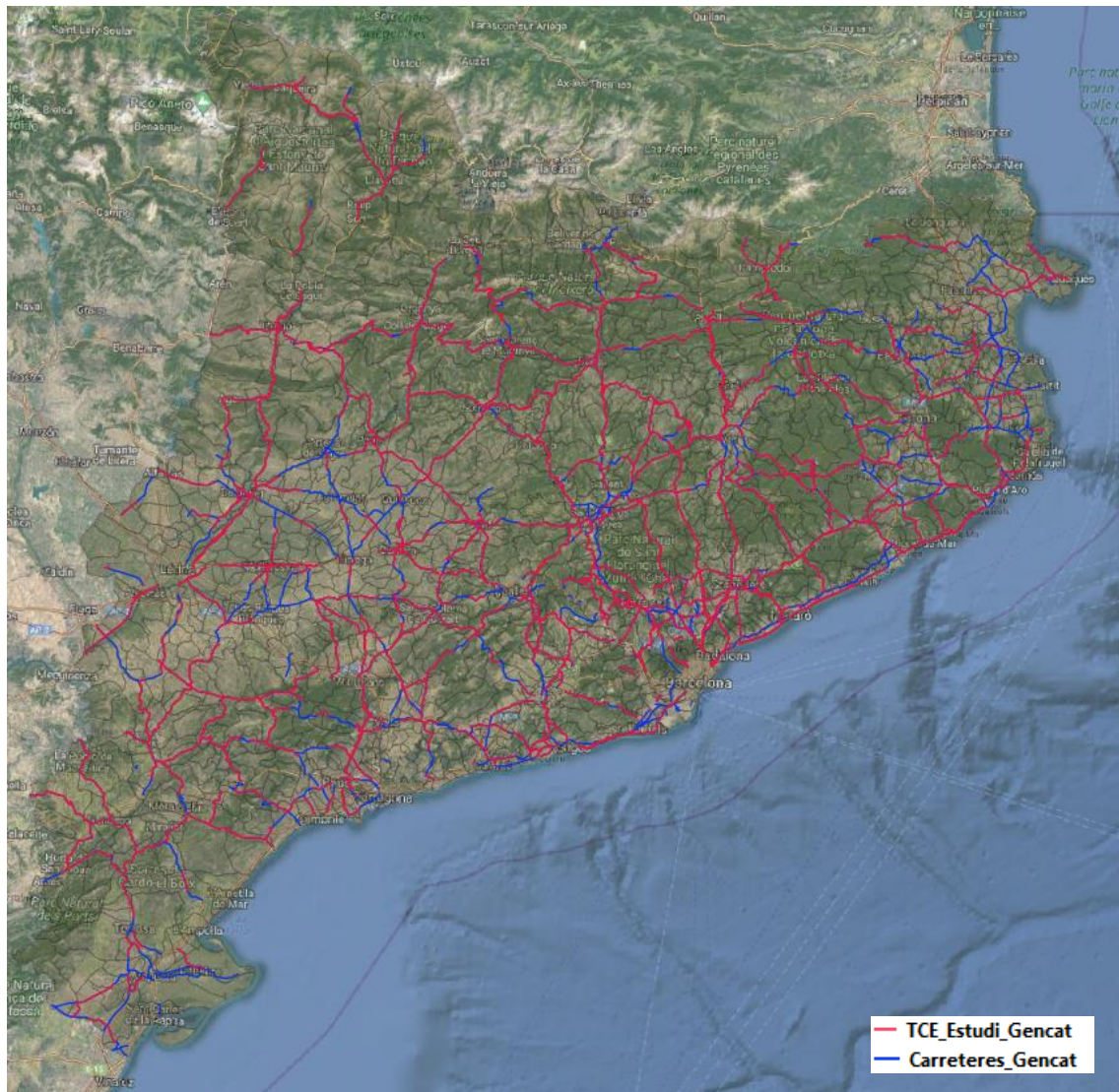


Figura nº 3. Identificació de trams TCE amb la metodologia actual de la Gencat. Font: Representació en SIG de les dades proporcionades per la Gencat

A continuació, s'enumeren els avantatges i inconvenients que s'han identificat després de l'anàlisi d'aquesta metodologia.

Avantatges:

- La metodologia d'identificació de trams TCA té en compte la gravetat de l'accident dotant de pesos específics als accidents mortals, greus o lleus a l'hora de decidir els llistats per a considerar el tram com TCA (llistats de freqüència i llistats de gravetat) i per a jerarquitzar els diferents trams entre si.

Inconvenients:

- El càlcul de probabilitat per a establir el llistat es realitza "manualment", no hi ha software que l'automatitzi.

- Necessita que les dades de partida recullin la gravetat de l'accident per a poder ponderar-los i jerarquitzar-los.
- Com s'observa en els resultats obtinguts de la figura anterior, s'identifica un nombre elevat de trams a causa de l'ús d'interval·ls fixos de 5,000 m com a unitat d'anàlisi i d'un llindar fix per a considerar el tram com TCE.

4.2 Metodologia KDE+ del CDV - Transport Research Centre (Txèquia)

El mètode descrit en l'article de recerca [3], exposat en el *Journal of Environmental Management* i basat en el software KDE+ desenvolupat pel CDV (*Transport Research Centre* de Txèquia), està desenvolupat per a la detecció de trams de concentració d'accidents provocats per col·lisions amb animals ungulats.

No obstant això, encara que els factors que provoquen aquest tipus d'accidents es diferencien dels ocasionats per esllavissades i despreniments, la metodologia per a identificar aquests trams conflictius mitjançant mètodes estadístics és extrapolable a altres tipus d'accidents.

Es busca identificar els trams de concentració d'accidents, entesos com a trams en els quals es concentra una proporció important dels accidents totals de la carretera, però al mateix temps, la longitud total d'aquests trams és petita en comparació a la longitud total de la carretera, la qual cosa els converteix en zones idònies per a establir mesures de mitigació.

L'objectiu d'aquest estudi és demostrar que la forma més efectiva d'identificar els factors locals estadísticament rellevants que provoquen els accidents és subdividir les carreteres, abans de realitzar l'anàlisi estadística d'aquests factors, en dos grups: els anomenats *clústers*, que representen trams estadísticament significatius quant a l'aparició d'accidents, i altres trams en els quals es produeixen accidents que es consideren aleatoris, no provocats per factors locals rellevants.

El mètode estadístic que s'usa en aquest estudi per a identificar aquestes agrupacions (*clústers*) és el *Kernel Density Estimation* (KDE) que estima la funció de densitat de probabilitat de les dades de partida (en el nostre cas, accidents provocats per despreniments) i utilitza simulacions de Monte Carlo per a calcular el llindar a partir del qual els trams que se situen aquests successos es consideren estadísticament rellevants. Els trams rellevants obtinguts es jerarquitzen entre si mitjançant el terme de fortaleza (*strength*) de cada *clúster*, valor que dóna una idea de quant s'incompleix la hipòtesi que els accidents es distribueixen uniformement al llarg de la carretera. Per tant, el terme *strength* depèn del nombre total d'accidents i de com aquests es posicionen al llarg de la carretera.

Un dels avantatges d'aquest mètode és que retorna resultats coherents a pesar que existeixin errors en les dades de partida o que aquests estiguin incomplets, situació molt comuna en el cas del registre d'accidents de trànsit.

L'estudi diferencia els factors que provoquen els accidents en locals i globals. Els factors globals són circumstàncies que afavoreixen l'aparició d'accidents però que actuen en tota la longitud de la carretera, mentre que els factors locals només afecten punts concrets de la xarxa, i són per tant els factors que interessa identificar, perquè són els que originen els trams de concentració d'accidents. De fet, tal com es demostra en aquest estudi, els *clúster* amb major fortalesa dels obtinguts utilitzant el mètode KDE, els que presenten gran densitat d'accidents, es produeixen en zones fortament influenciades per factors locals.

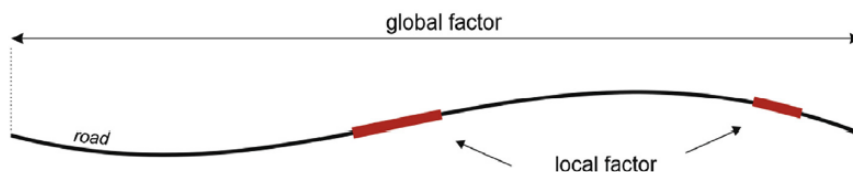


Figura nº 4. Factors globals i locals. Font: Article de recerca [3]

Per tant, una vegada obtinguts els trams *clúster*, el següent pas que descriu aquest estudi és la identificació dels factors (globals i locals) que produeixen accidents en cada clúster. La identificació dels factors es realitza mitjançant visita de personal especialitzat a les zones TCE identificades, mitjançant l'ús d'ortofotos, Google StreetView o una altra informació digital disponible. Una vegada identificats els factors locals que influeixen en l'aparició d'accidents per lliscaments, el següent pas dels definits per aquest estudi és realitzar un model de regressió per a obtenir d'entre ells els factors locals estadísticament rellevants.

En el cas de la identificació de trams de concentració d'accidents per desprendiments, un exemple de factor global seria la localització de la carretera en una zona fortament influenciada per pluges o el material constituent dels talussos en aquesta zona (variables que produeixen un augment dels lliscaments en tota la carretera), mentre que els factors locals més comuns són l'existència d'elements de drenatge longitudinal (en coronació o al peu del talús), existència de berms, la inclinació i altura dels talussos, distància des del peu del talús a la carretera, la presència o no de vegetació, l'existència d'obres de tractament del talús, etc.

L'estudi demostra, usant el procés anterior amb les dades d'accidentalitat per col·lisió amb animals ungulats en les carreteres de Txèquia, que els factors locals estadísticament rellevants que influeixen l'aparició d'accidents en els TCA al llarg de les carreteres s'han d'identificar una vegada realitzat un anàlisi prèvi d'agrupació de trams mitjançant un mètode estadístic, dels quals recomana el mètode KDE perquè jerarquitzava els *clústers* obtinguts en funció de la posició relativa dels accidents (mitjançant el terme *strength*) i perquè retorna resultats coherents en el cas habitual que no tots els accidents ocorreguts s'hagin registrat en les dades de partida.

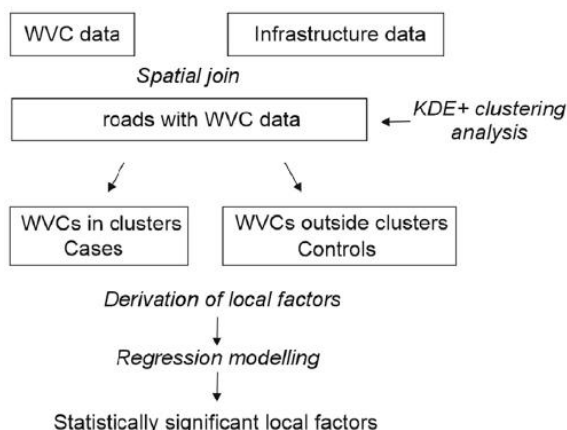


Figura nº 5. Procés d'identificació de clústers i dels seus factors locals. Font: Article de recerca [3]

De igual manera que amb el mètode anterior, s'enumeren a continuació els avantatges i inconvenients que s'han identificat després de l'anàlisi realitzat:

Avantatges:

- El càlcul estadístic del llindar per a considerar un tram com TCA és automàtic mitjançant el software KDE+.
- El valor de “fortalesa” obtingut amb el mètode KDE relativitza el nombre d'accidents i la longitud del tram TCA en relació amb el nombre d'accidents i la longitud del tram total de carretera, la qual cosa permet comparar *clústers* (TCA) de diferents carreteres.
- Utilitzant aquest mètode es concentra en els *clústers* obtinguts un gran percentatge dels accidents totals esdeinguts en un petit percentatge de la xarxa de carreteres.
- Aquest mètode és estable a pesar que existeixin errors en les dades de partida o que aquests estiguin incomplets (és a dir, que no s'arribin a registrar tots els accidents produïts en la xarxa de carreteres).

Inconvenients:

- Calcula un llindar diferent per a cada secció, la qual cosa obligaria a treballar amb una sola secció corresponent a cada carretera completa si volem obtenir un llindar únic.
- En alguns casos s'obtenen trams de longitud molt petita, la qual cosa obliga a fer un treball posterior d'unificar TCAs (que d'altra banda també exigeix el mètode de la Generalitat de Catalunya).
- Els resultats poden patir lleugeres variacions utilitzant les mateixes dades de partida, ja que utilitza una funció *random* per a identificar la hipòtesi zero, en la qual els accidents estan repartits de manera aleatòria. No obstant això, aquestes variacions no són significatives.

4.3 Metodologia proposta

A la vista de la revisió dels mètodes anteriors i de l'anàlisi dels seus avantatges i inconvenients, proposem seguir una metodologia per a identificar els trams de concentració d'incidències (TCE) que combini els beneficis d'ús de cadascuna.

D'una banda, l'ús de la metodologia detallada en l'estudi de la Generalitat de Catalunya [1] té l'avantatge clar de jerarquitzar els diferents trams en funció de la seva gravetat per als accidents frontals (TCA), aspecte que no té en compte el mètode KDE. No obstant això, aquest últim té l'avantatge operatiu de realitzar el càlcul del llindar per a considerar un tram com TCE de manera automatitzada mitjançant un software de lliure ús, i a més classifica la importància (o fortalesa) de cadascun dels trams obtinguts sobre la base de la posició relativa dels accidents respecte a la longitud de la carretera.

Encara que en el cas de la identificació de trams de concentració d'esllavissades (TCE) no es pot utilitzar el factor de la gravetat d'un possible accident degut al despreniment per tal de jerarquitzar els diferents trams entre si, sí que es podrien recollir les dades de les incidències que reflecteixin la magnitud del succés, per tal de jerarquitzar els trams en funció de si la incidència han tingut un impacte major o menor en la funcionalitat de la carretera.

Per tant, al nostre judici la metodologia òptima consisteix a combinar tots dos procediments: d'una banda, prendre dades que representin la magnitud dels despreniments (com pot ser el volum de material caigut, les característiques d'aquest material, l'existència de reclamació de danys per part dels usuaris, etc.) en les dades de partida de les carreteres de la Generalitat de Catalunya que permetin assignar diferents pesos específics a cada succés per a poder calibrar els trams obtinguts i jerarquitzar-los per la seva magnitud; i d'altra banda, usar el software KDE+ per a identificar els trams, per a fixar de manera automàtica el llindar a partir del qual s'identifiquen com TCE i per a classificar la importància d'aquests trams en funció de la posició relativa dels accidents produïts en la carretera.

En l'apartat següent es mostra un exemple en el qual es desenvolupa la metodologia proposada per al cas de les incidències registrades en la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya.

5 Desenvolupament de la metodologia escollida

En aquest apartat es desenvolupa la metodologia proposada en l'apartat anterior per a les dades d'incidències per despreniments disponibles en la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya.

S'ha realitzat una anàlisi en dos nivells: en primer lloc, es realitza una prova de “freqüència” identificant els trams de concentració de lliscaments (TCE) de totes les carreteres de la xarxa de manera automàtica mitjançant l'ús del software KDE+. Posteriorment, es realitzarà una anàlisi de “gravetat”, corregint la fortalesa del tram obtingut en l'anàlisi anterior i jerarquitant els trams obtinguts mitjançant un índex de gravetat que tingui en compte la magnitud del succés.

No obstant això, de cara a aquest últim anàlisi de gravetat, cal destacar que només una petita part de les dades de partida disponibles inclouen dades que defineixin la magnitud de les incidències registrades, aquestes apareixen en forma de registres que determinen si s'ha produït una reclamació de danys per part dels usuaris o, en alguns casos, amb els volums del material caigut a la carretera. Tal com es desenvoluparà en l'apartat 5.2, s'ha triat l'existència o no de reclamació de danys a conseqüència de la incidència per despreniments com a criteri de jerarquitació de trams per tal de definir la magnitud del succés.

5.1 Identificació dels trams TCE amb KDE+

En primer lloc, cal esmentar que el software KDE+ admet dos formats d'entrada de les dades de partida: en format taula (Excel/.csv) i en dades vectorials georeferenciats (Shape). S'ha treballat amb dades de partida en format taula, perquè al principi no es tenia la informació de la localització exacta (en coordenades) de totes les incidències produïdes, ja que la forma majoritària de recollida d'aquesta mena d'incident és referint a la via i al PK d'aquesta. Encara així, al llarg del desenvolupament dels treballs s'ha pogut obtenir l'arxiu de punts d'incidència georeferenciats, per la qual cosa s'ha provat també aquest mètode d'entrada. No obstant això, tal com es pot veure en el següent apartat, després de provar aquest mètode en carreteres concretes de la xarxa, aquest ha sigut descartat, ja que no presenta els avantatges que inicialment es podien esperar de treballar directament amb arxius georeferenciats.

5.1.1 Identificació mitjançant dades de partida georeferenciades (Shape)

En aquest apartat, s'han utilitzat dades de partida georeferenciades (en format Shape) per a realitzar el càlcul amb el software KDE+, amb el qual es duu a terme la identificació dels trams clúster, obtenció de la seva localització i de la seva fortalesa (en termes del nombre d'incidències produïdes i de la seva posició al llarg de la carretera). La prova amb aquestes dades de partida s'ha realitzat per al cas d'una carretera concreta, la BP-1103.

L'objectiu és estudiar per a un cas localitzat si aquest mètode presenta beneficis significatius respecte a treballar amb dades en format taula, referits a la carretera i a la seva PK, que és la forma més usual de recollir dades d'incidències.

Per tant, en aquest cas com a dades de partida s'han utilitzat l'arxiu Ctra_BP-1103.shp amb una sola secció per a tota la longitud de la carretera BP-1103 i l'arxiu Punts_incidencies_BP-1103.shp amb 74 punts amb la localització de les incidències ocorregudes, tal com es pot veure en la següent figura:

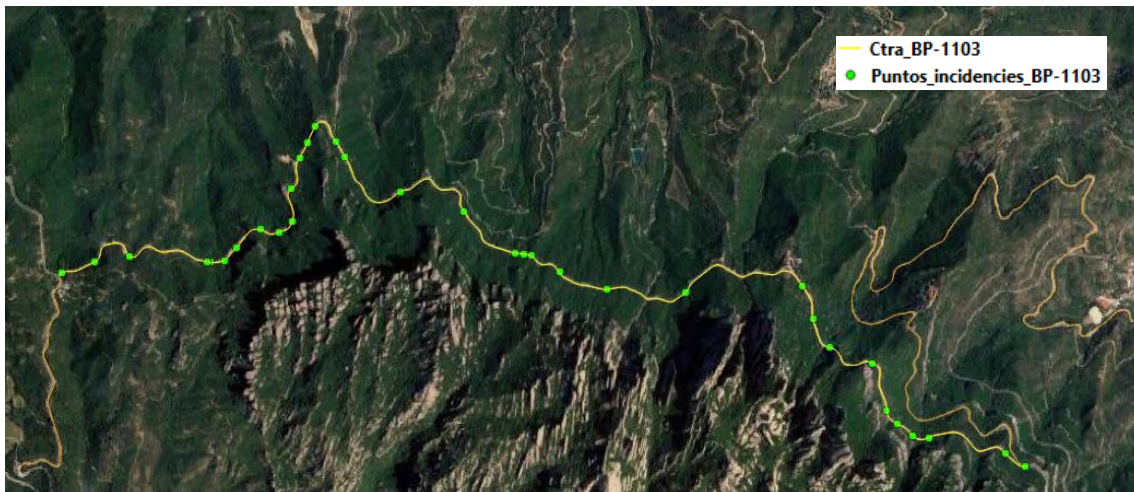


Figura nº 6 Secció i punts (incidències) en la carretera BP-1103. Font: elaboració pròpia amb dades de la Generalitat de Catalunya

S'introdueixen aquests arxius en el programa i s'obtenen els següents resultats d'identificació de clústers:

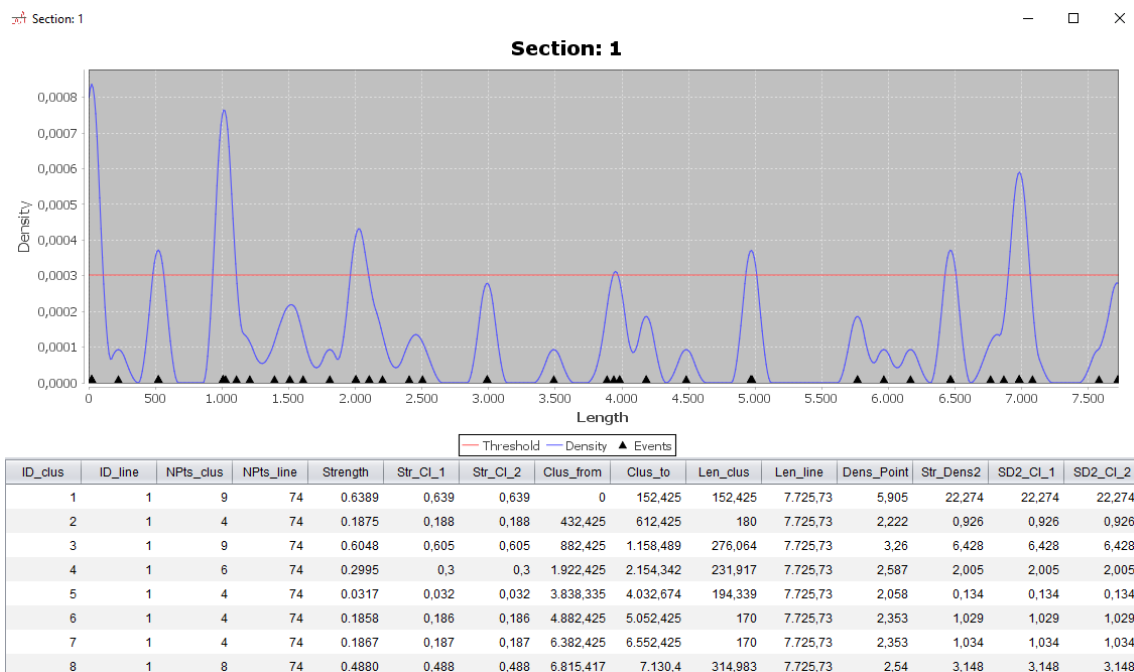


Figura nº 7 Identificació de clústers per a la carretera BP-1103. Software KDE+

No obstant això, encara que els resultats en format taula sí que recullen de manera precisa els PPKK d'inici i final dels clúster identificats i la seva longitud, igual que amb el mètode usat anteriorment, l'arxiu georeferenciat de sortida de resultats (Output_BP-1103.shp) no representa els trams amb la localització exacta obtinguda i indicada en la taula, sinó que ho aproxima als dos punts d'incidència més pròxims. En el cas que no existeixin, es crea una línia de tram de longitud nul·la. Això fa que la representació dels trams no sigui correcta, tal com es pot veure en les següents figures.

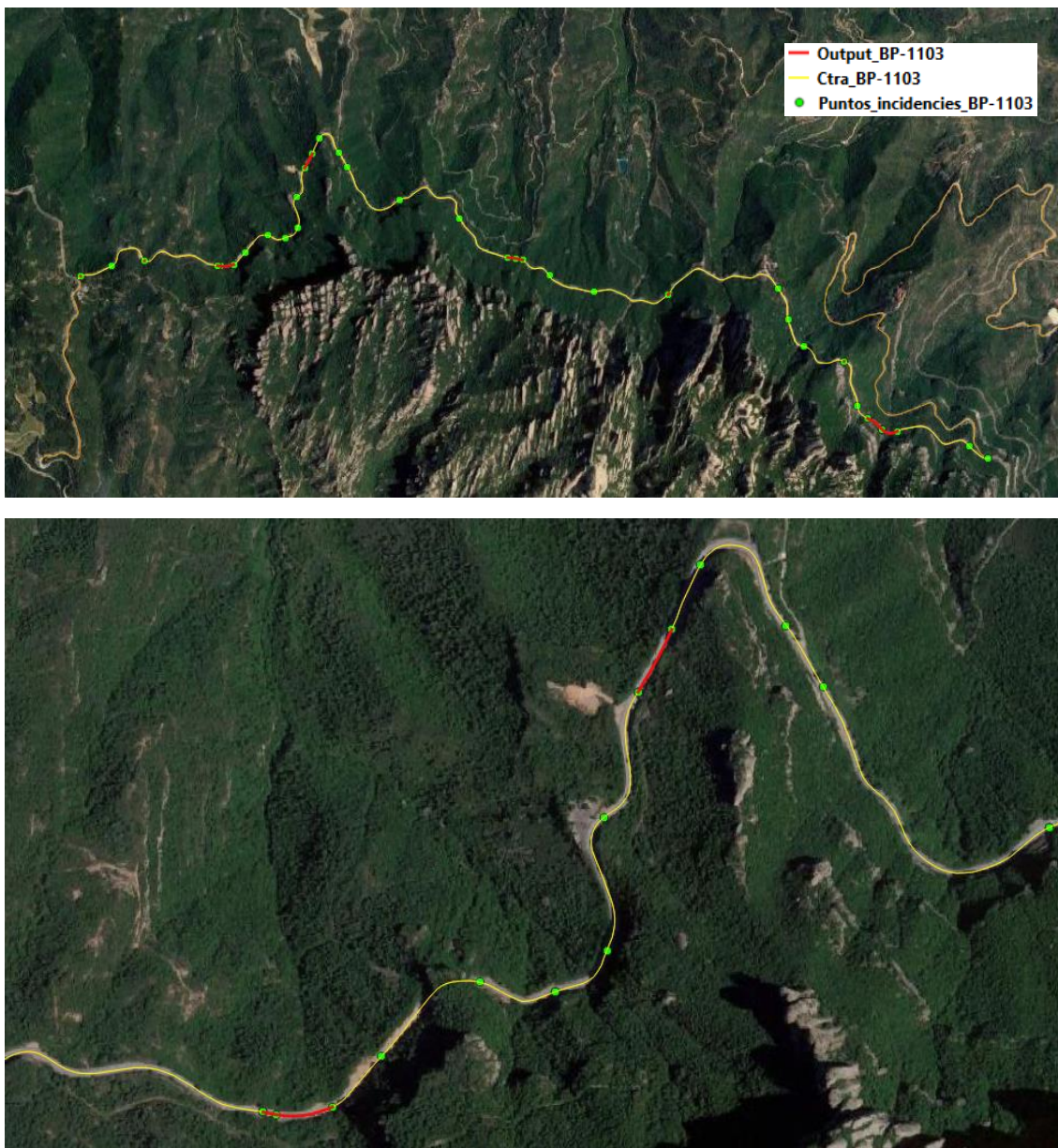


Figura nº 8 Trams clúster obtinguts en la carretera BP-1103. Font: elaboració pròpia

Per tant tal i com es va avançar al començament de l'apartat 5.1, s'ha considerat més convenient l'ús de dades de partida en format taula, perquè l'ús d'arxius georeferenciat com a dades

d'entrada no presenta els avantatges que inicialment es podien esperar en quant a la representació precisa dels trams obtinguts.

5.1.2 Identificació mitjançant dades de partida en format taula

En aquest apartat, es desenvolupa la metodologia d'identificació de trams de concentració d'esllavissades (TCE) mitjançant el software KDE+ per al conjunt d'incidències en la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya. Pels motius descrits en l'apartat anterior, es treballarà amb dades de partida en format taula.

El procés per a obtenir els trams TCE amb el software KDE+ és el que s'indica a continuació:

Es tenen com a **dades de partida** l'Excel *incidencies.xls* actualitzat del 29/07/2021, que compta amb 5,589 registres d'incidències, del qual es mostra un extracte dels camps registrats a continuació:

DADES DE PARTIDA: INCIDENCIES														
ID	Valida	IdIncidenci	Via	PK_inici	distpki	PK_fina	distpkf	Cost	Hora_inicia	Hora_final	Causa	Municipi	Font	Sentit
111	Si		C-58	36	500	37	0	D	04-abr-02	04-abr-02	Esllavissades	CASTELLBELL I EL VILAR	SCT	Dret
4	Si		B-120	10	0	10	500	D	12-abr-02	12-abr-02	Esllavissades	OLESA DE MONTSERRAT	SCT	Ambdós sentits
147	Si		L-510	2	0	2	1	E	04-jun-02	05-jun-02	Esllavissades	ALINS	SCT	Dret
12	Si		B-432	8	0	8	1	E,D	08-jun-02	08-jun-02	Esllavissades	ORISTÀ	SCT	Ambdós sentits
58	Si		C-16	112	0	112	1	D	18-jun-02	18-jun-02	Esllavissades	GUARDIOLA DE BERGUEDA	SCT	Esquerre
7	Si		B-124	20	500	20	501	E	31-ago-02	31-ago-02	Esllavissades	SANT LLORENÇ SAVALL	SCT	Esquerre
103	Si		C-51	7	0	10	0	D,E	17-sep-02	18-sep-02	Esllavissades	ALBINYANA	SCT	Ambdós sentits
53	Si		C-16	96	0	98	250	D,E	24-sep-02	24-sep-02	Esllavissades	BERGA	SCT	Esquerre
60	Si		C-16	114	500	115	500	D	05-oct-02	05-oct-02	Esllavissades	GUARDIOLA DE BERGUEDA	SCT	Ambdós sentits
71	Si		C-17	84	0	84	500	E	11-oct-02	11-oct-02	Esllavissades	MONTESQUIU	SCT	Ambdós sentits
74	Si		C-17	80	500	86	500	E	08-nov-02	08-nov-02	Esllavissades	MONTESQUIU	SCT	Dret
73	Si		C-17	84	0	84	500	E	08-nov-02	08-nov-02	Esllavissades	MONTESQUIU	SCT	Dret
63	Si		C-17	64	0	84	0	D,E	08-nov-02	09-nov-02	Esllavissades	MONTESQUIU	SCT	Dret
76	Si		C-17	84	0	92	0	E	08-nov-02	09-nov-02	Esllavissades	RIPOLL	SCT	Esquerre
72	Si		C-17	83	0	84	0	E	09-nov-02	09-nov-02	Esllavissades	MONTESQUIU	SCT	Dret
110	Si		C-58	25	500	27	500	D,E	10-dic-02	11-dic-02	Esllavissades	VILADECALLS	SCT	Dret
90	Si		C-26	116	500	117	0	E,D	10-dic-02	11-dic-02	Esllavissades	NAVÈS	SCT	Esquerre
109	Si		C-58	25	500	26	0	E	11-dic-02	11-dic-02	Esllavissades	VILADECALLS	SCT	Ambdós sentits
91	Si		C-26	195	0	196	0	E	11-dic-02	11-dic-02	Esllavissades	RIPOLL	SCT	Esquerre
133	Si		GI-681	9	500	10	0	E	07-ene-03	07-ene-03	Esllavissades	TOSSA DE MAR	SCT	Esquerre
65	Si		C-17	81	0	85	0	E	19-ene-03	20-ene-03	Esllavissades	MONTESQUIU	SCT	Ambdós sentits
69	Si		C-17	83	0	83	500	E	19-ene-03		Esllavissades	MONTESQUIU	SCT	Ambdós sentits

Taula nº 1. Dades de partida d'incidències registrats

Es defineix un Excel, *Preparacio_Dades_Partida.xls*, en el qual a partir de les dades anteriors, que s'han d'introduir en la pestanya "Dades de partida. Incidencies", es preparen els arxius de "seccions" (carreteres) i "punts" (incidències) que necessita el software per al càlcul dels trams. Com a seccions, s'haurien de considerar els trams de carretera on el volum de trànsit varia més sovint, entre les interseccions més importants. A l'efecte d'aquest estudi, es considerarà cada carretera en tota la seva longitud com a una secció per operativitat, a causa del gran nombre de carreteres de la xarxa, i d'altra banda, per tenir per a cadascuna d'elles un únic valor de llinar d'incidències a l'hora de considerar els trams de cada carretera com TCE.

En primer lloc, en la pestanya "Registre d'accidents" es calcula la mitjana del PK en metres de cada incidència registrada en totes les carreteres partint dels PK d'inici i final de l'accident.

REGISTRE D'ACCIDENTS: LOCALITZACIÓ			
Via	PK inicio (m)	PK final (m)	PK promedio (m)
B-112	1000	2000	1500
B-112	2000	4000	3000
B-112	2500	3500	3000
B-112	1000	6000	3500
B-112	3000	4000	3500
B-112	4000	4500	4250
B-113	0	5000	2500
B-120	5000	5001	5000
B-120	5000	5001	5000
B-120	5500	5501	5500
B-120	11000	0	5500
B-120	7000	7001	7000
B-120	7000	7001	7000
B-120	8000	8001	8000
B-120	8000	8001	8000
B-120	8000	8001	8000
B-120	8000	8001	8000
B-120	8000	8001	8000
B-120	8000	8001	8000
B-120	8000	8001	8000
B-120	8000	8001	8000
B-120	8099	8100	8099
B-120	8100	8101	8100
B-120	7000	11000	9000
B-120	9000	9001	9000
B-120	9000	9001	9000
B-120	9600	9601	9600
B-120	10000	10001	10000

...

Taula nº 2. Ordenació de dades per carreteres i PK del succés

En la pestanya "Seccions" s'extreu el PK màxim de cada carretera per a considerar-ho com a la longitud d'aquesta, filtrant les dades per a eliminar els zeros que corresponen a errors en la presa de dades o punts concrets de la xarxa (com a aparcaments) on no té sentit el concepte de tram TCE, un cop realitzat queda un registre de 5,566 incidències. En "Punts" es recullen cadascun de les incidències registrades en les carreteres, igual que en el cas anterior, en el format en el qual s'han d'introduir en el software:

- Seccions (ID secció; Longitud)
- Punts o incidències (ID secció; Distància relativa del punt d'incidència dins de la secció)

Amb això, només falta traslladar les dades obtingudes en "Seccions" i "Punts" a dos arxius en format ".csv": *Incidencies_Seccions.csv* i *Incidencies_Punts.csv*.

Una vegada preparades les dades de partida, es realitzen els càlculs amb el software KDE+. S'introdueixen els arxius anteriors (.csv) en el programa i s'obté un arxiu de sortida en el qual s'indica per a cada secció, en aquest cas per a cada carretera, el nombre d'incidències registrades en elles i el nombre de trams *clúster* obtinguts (TCE), tal com es pot veure en les següents imatges:

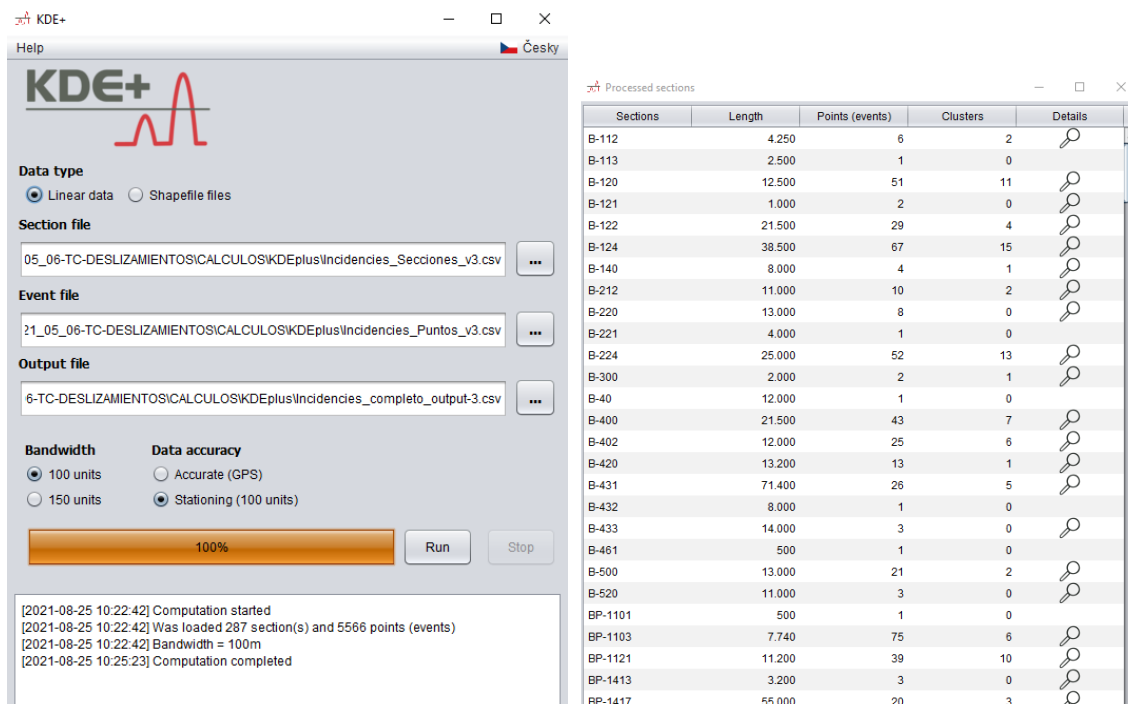


Figura nº 9. Càlculs amb KDE+ software i obtenció de trams "clusters". Software KDE+

Al realitzar els càlculs, hem de seleccionar els paràmetres *Bandwidth* i *Data accuracy*. El primer d'ells és un paràmetre que suavitzta la forma de la funció de densitat obtinguda pel mètode KDE en funció del tipus de carretera i de la seva velocitat. En general, per al cas d'accidents de trànsit es recomanen valors compresos entre 50 m i 500 m. Els autors del software recomanen prendre valors baixos en el cas de zones urbanes, 150 m en el cas d'autopistes de gran velocitat de circulació i utilitzar 100 m com a valor per defecte, que és el que s'ha seleccionat ja que s'està estudiant en la seva majoria carreteres convencionals de la xarxa. En *Data accuracy* s'ha seleccionat "stationing" ja que les incidències no s'han registrat amb coordenades sinó de manera lineal mitjançant el seu punt quilomètric.

Una vegada fets els càlculs obtenim una taula amb els resultats per seccions introduïdes, on es mostra la seva longitud, nombre d'incidències ocorreguts i nombre de *clústers* identificats. Entrant en els detalls de cada secció, podem veure de manera gràfica les funcions de distribució obtingudes amb el mètode estadístic del KDE i el llinar obtingut per a cada carretera, la qual cosa permet veure de manera intuïtiva les zones en les quals la concentració d'incidències fa que se superi aquest llinar, i per tant es consideri aquest tram com TCE.

A continuació, es mostren diversos exemples en diferents carreteres de la xarxa:

- Carretera B-120: S'han registrat 51 incidències en total i s'han identificat 11 *clústers*, és a dir, subtrams en els quals se supera el llinar per a considerar-los com TCE. Com es pot veure, en una longitud de carretera de 12,500 m les incidències que produeixen clústers amb major fortalesa es localitzen en la zona final d'aquesta, entre els PP.KK. 7+850 i 12+150.

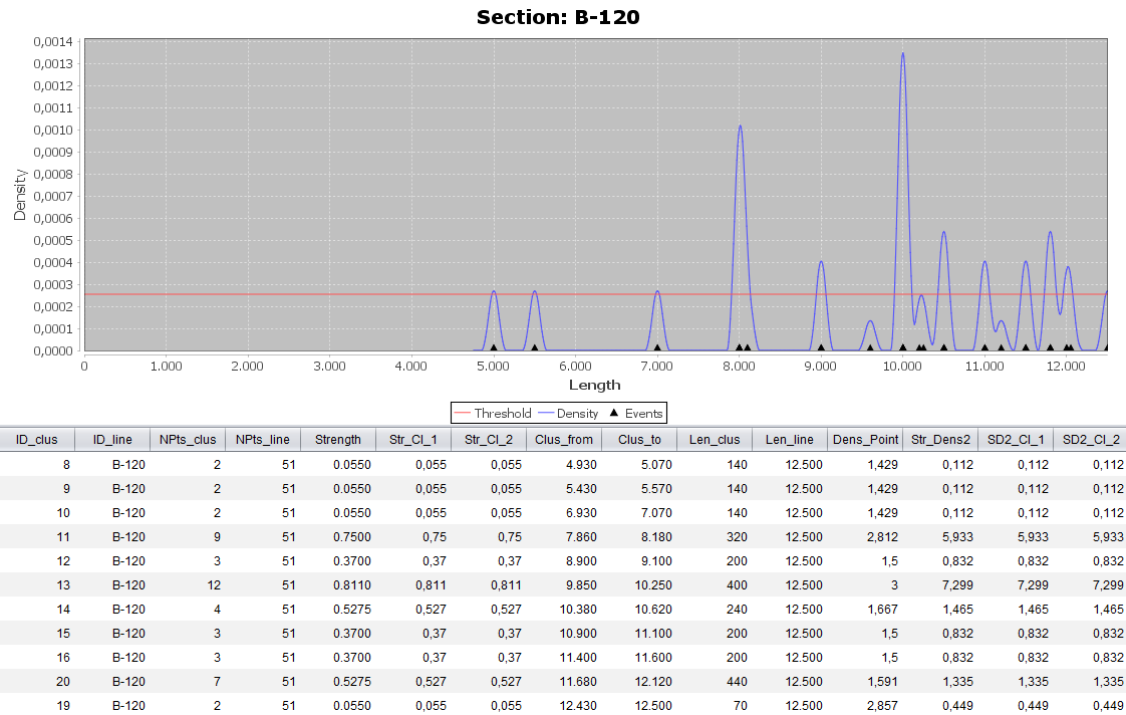


Figura nº 10. Funció de densitat de Kernel i llinars per als trams per a la carretera B-120. Software KDE+

- Carretera BP-1103: S'han registrat 75 incidències en total i s'han identificat 6 clústers, en aquest cas en localitzacions més repartides al llarg dels 7,740 m de carretera i amb menor fortalesa que en el cas anterior, però no per haver-hi menys incidències sinó perquè la seva distribució és molt més uniforme que en el cas anterior. En aquesta situació, els càlculs del software dedueixen que les incidències es deuen a factors globals que afecten a tota la carretera i no a condicionants locals, per la qual cosa veiem molts punts en els quals la funció de distribució no arriba a superar el llinar.

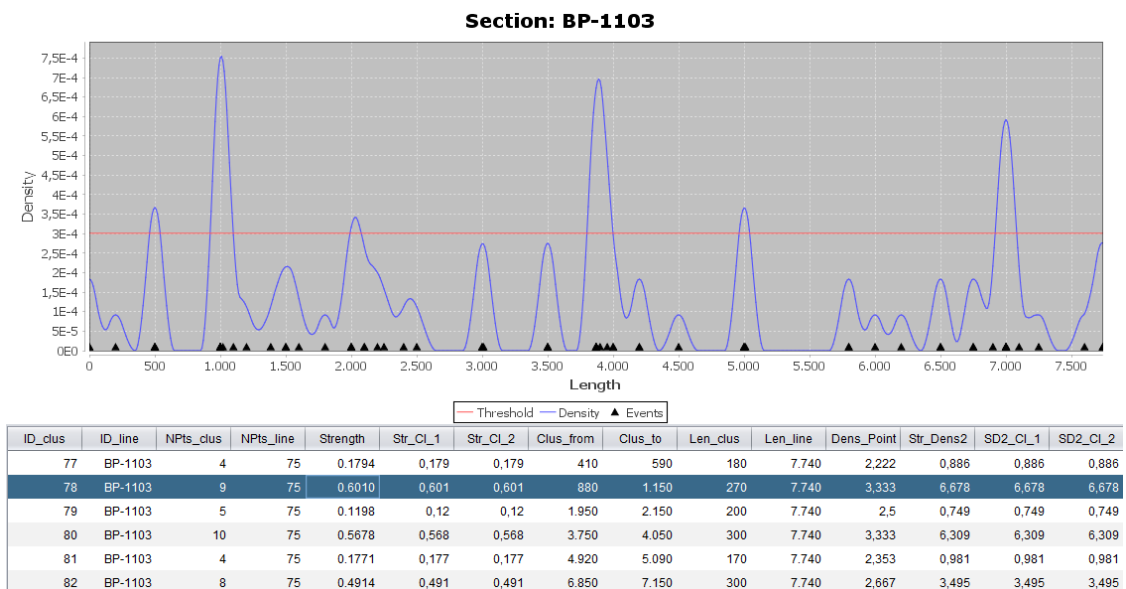


Figura nº 11. Resultats obtinguts per a la carretera BP-1103. Software KDE+

- Carretera N-II: Aquest cas és un bon exemple de carretera de gran longitud en la qual les incidències estan molt localitzats. S'han registrat 171 incidències, la majoria entre els PP.KK. 524 i 681, és a dir, en 157 km, i s'han identificat 27 clústers, en alguns casos de gran fortalesa. D'entre ells destaca el tram entre els PP.KK. 649+500 i 665+800, en els quals en un tram de 16.3 km (un 10% de la longitud respecte al tram anterior) s'han registrat 119 incidències (un 70% del total).

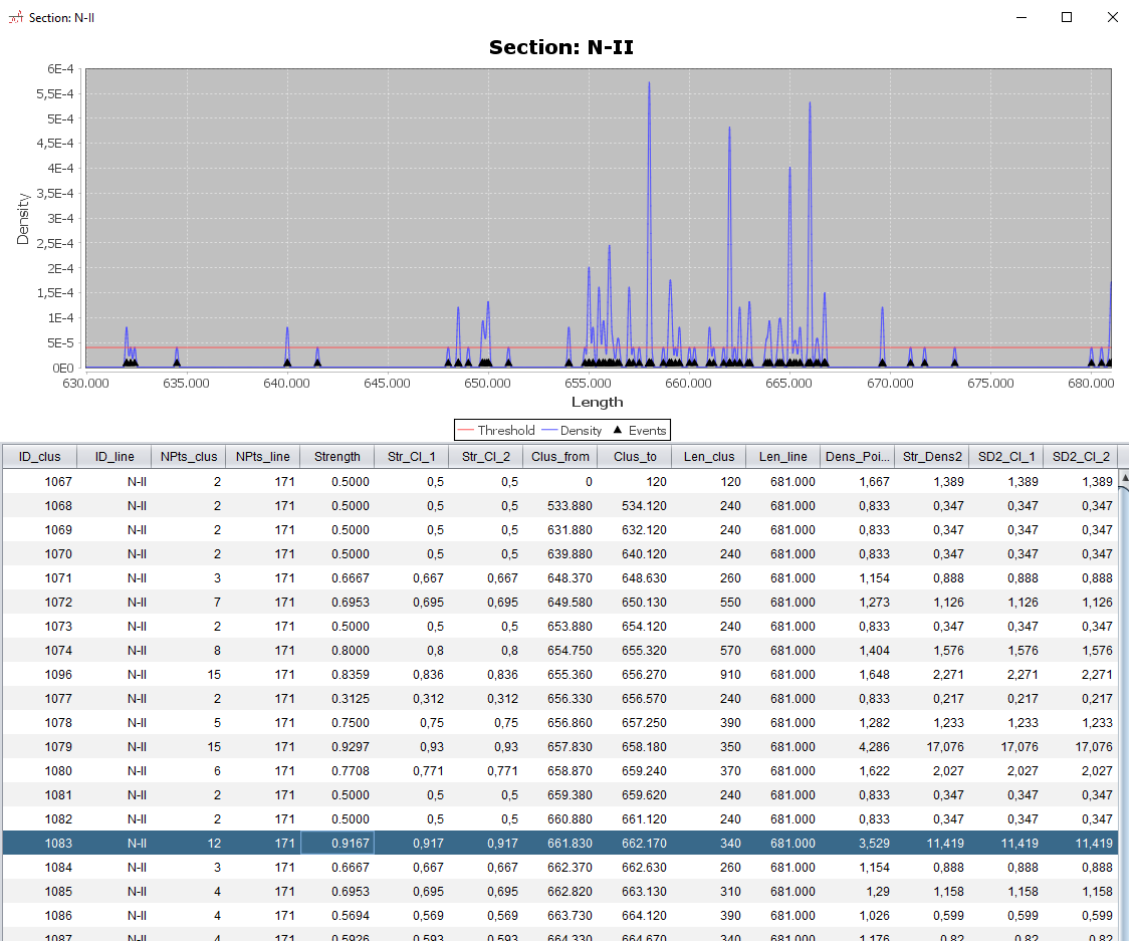


Figura nº 12. Resultats obtinguts per a la carretera N-II. Software KDE+

- Carretera C-14: trams de concentració d'incidències molt localitzats entorn del P.K. 50 de la carretera i en la seva zona final (entre PP.KK. 160 i 175).

INFORME TÈCNIC SOBRE EL DESENVOLUPAMENT DE LA METODOLOGIA DE CàLCUL DELS TRAMS DE CONCENTRACIÓ D'ESLLAVISSADES A LA XARXA DE CARRETERES DE LA GENCAT

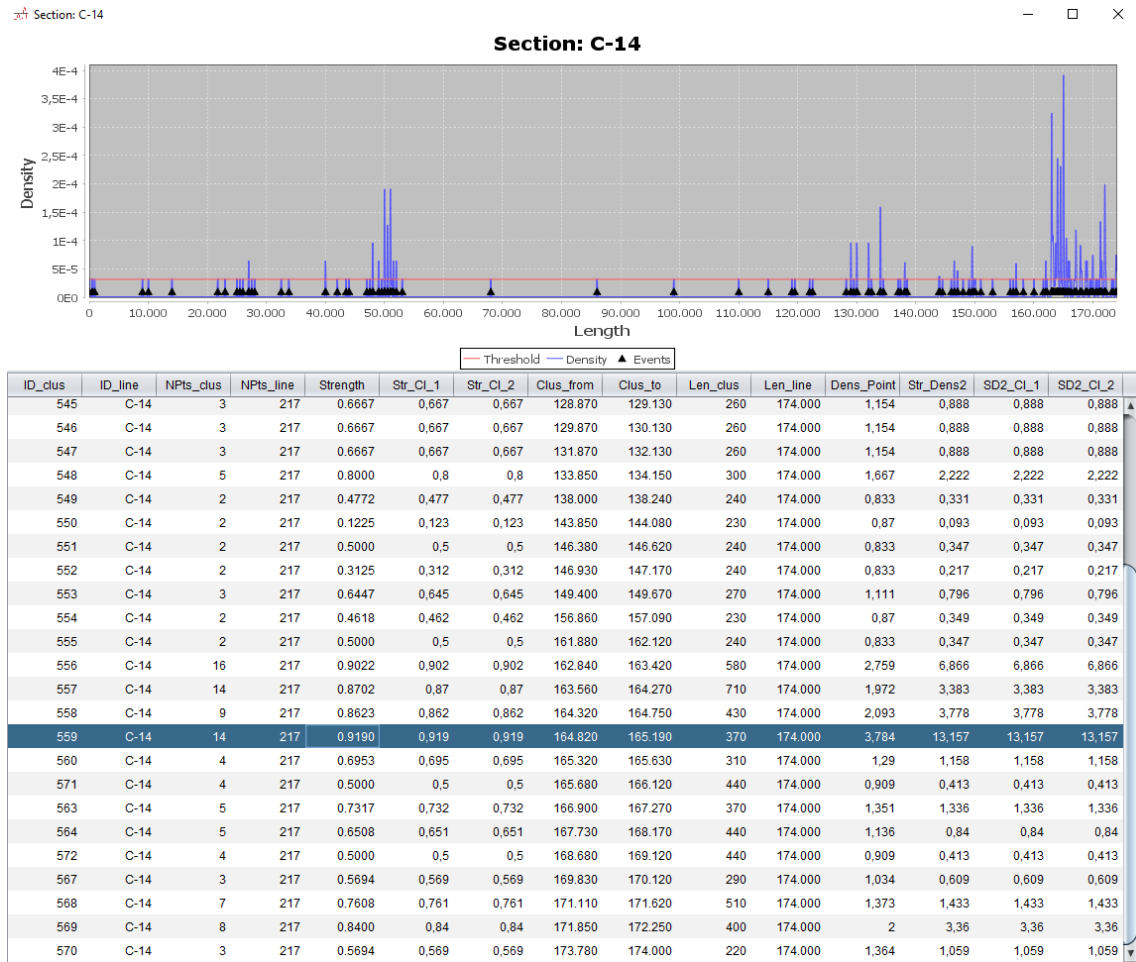


Figura nº 13. Resultats obtinguts per a la carretera C-14. Software KDE+

- Carretera C-55: trams molt més generalitzats al llarg de la longitud de la carretera, excepte en la zona central (Manresa), en la qual es detecten diverses incidències però amb una heterogeneïtat que fa que no superin el llindar fixat estadísticament per a la carretera.

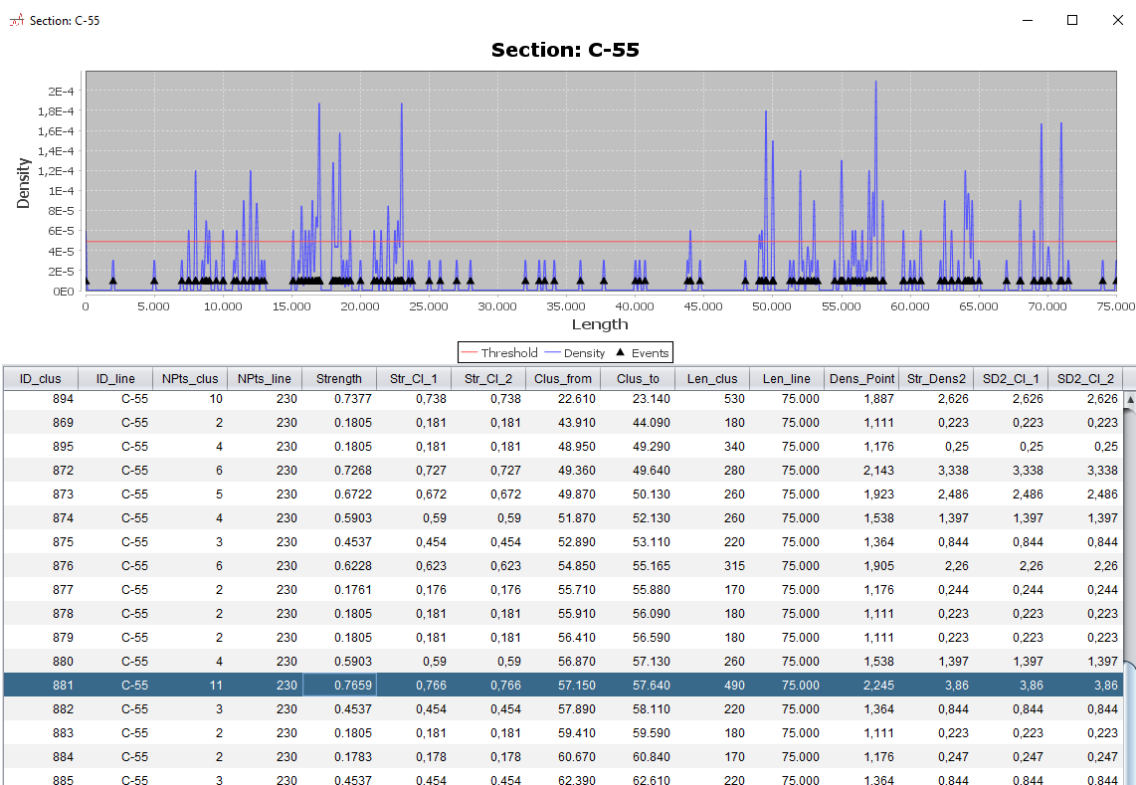


Figura nº 14. Resultats obtinguts per a la carretera C-55. Software KDE+

D'altra banda, en quant als resultats obtinguts en el conjunt de la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya, s'han obtingut 3,541 incidències inclosos dins de trams *clúster*, la qual cosa representa un 65% del total. No obstant això, el sumatori de longituds de tots els *clúster* és de 380.10 km, la qual cosa representa només un 6.8% dels aproximadament 5,600 km que formen el total de carreteres de la xarxa gestionada per la Generalitat.

Si bé és cert que a l'hora d'abordar una estratègia d'implantació de mesures de mitigació s'hauran d'unificar trams TCE pròxims, la qual cosa augmentarà el percentatge de longitud dels trams TCE enfront del total, és evident l'avantatge que ofereix l'ús d'aquesta metodologia.

En la següent taula es mostra un extracte dels resultats obtinguts de la identificació de trams TCE mitjançant el software KDE+. Com s'ha esmentat anteriorment, el terme de fortalesa (*strength*) de cada *clúster*, classifica la importància de cada carretera en funció de quant s'incompleix la hipòtesi que les incidències es distribueixen de manera uniforme, és a dir, en funció de si existeixen factors locals que afavoreixen l'aparició d'incidències per despreniments en aquests punts.

TRAMS IDENTIFICATS				FREQUÈNCIA D'ACCIDENTS		
ID Cluster	Via	PKi	PKf	Nombre d'accidents cluster	Nombre d'accidents via	Strength
1	B-112	2800	3200	2	6	0.500
2	B-112	3300	3700	2	6	0.500
8	B-120	4900	5100	2	51	0.055
9	B-120	5400	5600	2	51	0.055
10	B-120	6900	7100	2	51	0.055
11	B-120	7800	8200	9	51	0.750
12	B-120	8900	9100	3	51	0.370
13	B-120	9800	10300	12	51	0.811
14	B-120	10300	10700	4	51	0.527
15	B-120	10900	11100	3	51	0.370
16	B-120	11400	11600	3	51	0.370
20	B-120	11600	12200	7	51	0.527

...

Taula nº 3. Resultats obtinguts de la identificació de trams TCE

Una vegada obtinguts els resultats de la identificació de trams TCE, s'han representat aquests mitjançant punts quilomètrics de les carreteres de la xarxa. S'han aproximat les dades obtingudes a punts quilomètrics ja que no es compta amb informació geogràfica dels hectòmetres de les carreteres. A més, a causa del traçat sinuós de les carreteres i als seus constants canvis de denominació i quilometratge en confluïr amb les següents vies, no ha estat possible obtenir els hectòmetres "manualment" mitjançant sistemes d'informació geogràfica.

En la següent figura es mostra la representació dels trams TCE obtinguts en forma de punts quilomètrics sobre la capa de la xarxa de carreteres gestionades per la Generalitat de Catalunya (arxiu *PK_TCE_totals.shp*).

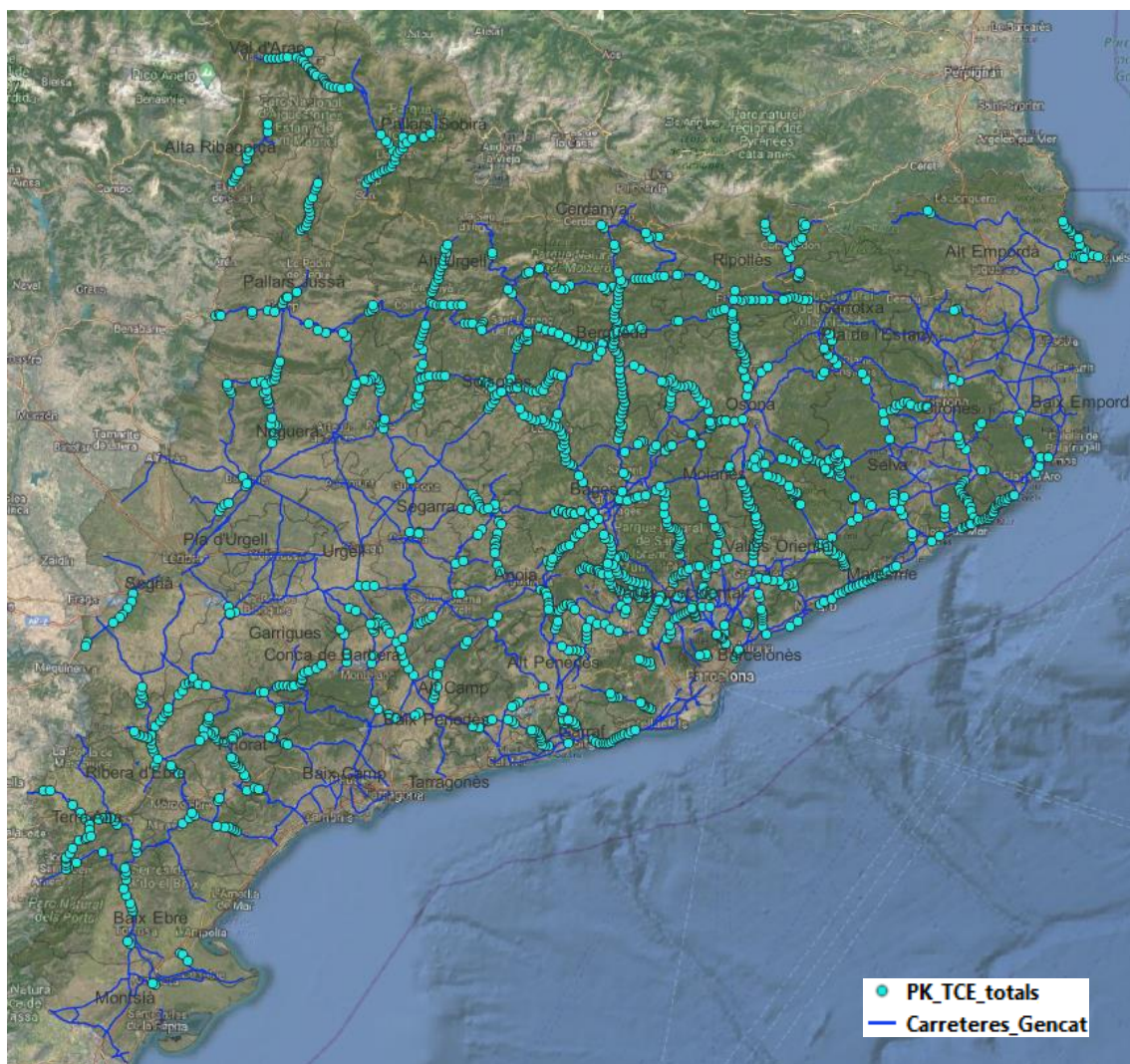


Figura nº 15. Identificació de trams TCE mitjançant l'ús del software KDE+. Font: elaboració pròpia

5.2 Calibratge i jerarquitització dels trams TCE segons la magnitud de les incidències

El següent pas metodològic consisteix en calibrar els resultats obtinguts en l'anàlisi de freqüència de cada carretera al conjunt de la xarxa i posteriorment classificar els trams tenint en compte la magnitud de les incidències.

En primer lloc, la fortalesa dels *clúster* obtinguda amb el software KDE+ està referida a cada carretera, al dependre de la posició relativa de les incidències esdevingudes en cadascuna d'elles, per la qual cosa és necessari calibrar el valor d'aquest terme tenint en compte els resultats obtinguts en totes les seccions de la xarxa.

Els valors del terme de fortalesa obtinguts per als *clústers* identificats segueixen una distribució normal de mitjana 0.507 i desviació estàndard 0.218, per la qual cosa s'ajusten a la funció de densitat que es representa en la següent figura.

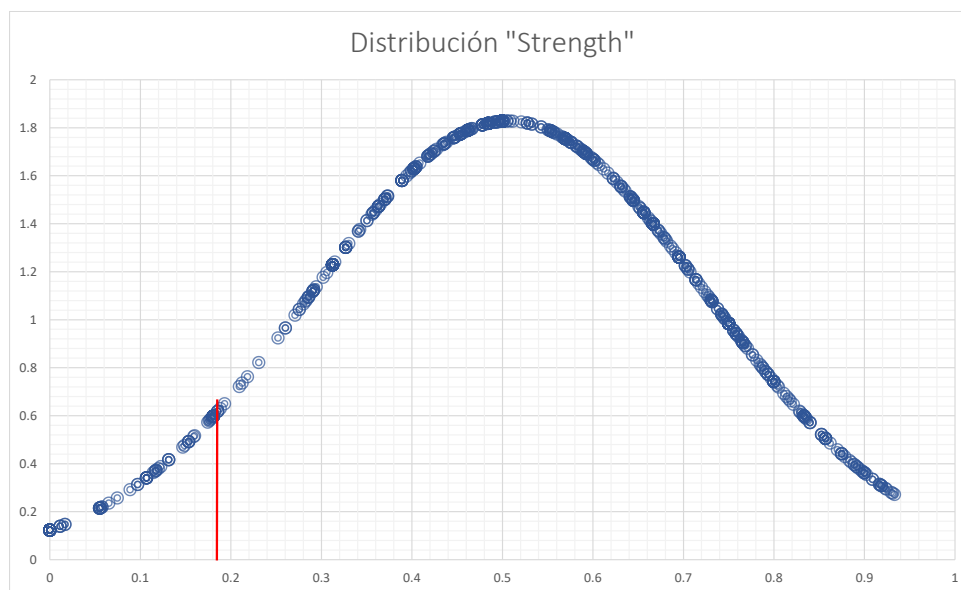


Figura nº 16. Distribució del valor strength de cada clúster. Font: elaboració pròpia

Per a tenir en compte la importància de cada tram identificat en relació als trams de la resta de carreteres de la xarxa, considerarem rellevants els clúster els quals el seu terme de força superi el quantil del 10%, que correspon a un valor de 0.18 de *strength*. Els trams els quals la seva força sigui inferior a aquest valor es consideraran com estadísticament no rellevants, i no es tindran en compte com TCE tret que la magnitud de les incidències esdevingudes en ells sigui elevada, d'acord amb el descrit més endavant.

D'altra banda, mitjançant l'ús d'aquest mètode volem tenir en compte no sols la freqüència de les incidències sinó també la seva gravetat que seran definides en termes de la magnitud del desprendiment, per la qual cosa es busca jerarquitzar els trams obtinguts anteriorment, a més de per el nombre d'accidents i de la seva posició relativa, per la magnitud del desprendiment o l'impacte que ha tingut cada incidència produïda en el tram en la funcionalitat i seguretat de la carretera.

No obstant això, de cara a aquest últim anàlisi de magnitud del succés, s'ha destacat que només una petita part de les dades de partida disponibles inclouen dades de la magnitud de les incidències registrades, aquestes venen donades en forma de registres de reclamacions de danys per part dels usuaris o, en alguns casos, amb els volums del material caigut a la carretera.

El criteri triat per a jerarquitzar els trams per la magnitud del desprendiment ha estat l'existència o no de reclamació de danys per part dels usuaris a conseqüència de la incidència, ja que és el criteri més objectiu per a tenir en compte l'impacte, i per presentar un mínim de registres en les dades de partida (en 350 de 5,566 incidències registrades). A pesar que es tracta de pocs registres de reclamació de danys respecte al total d'incidències, s'han preparat les eines informàtiques per a realitzar el càlcul tenint en compte aquest criteri de jerarquització una vegada el seu registre estigui més generalitzat.

Per això aquesta causa s'utilitzarà el concepte d'índex de gravetat (IG) del tram, descrit en l'estudi [1], però aquesta vegada referit a la gravetat del tram TCE quant a la magnitud dels despreniments ocorreguts en ell.

Per a això, s'ha calculat per a cada tram clúster identificat el nombre d'incidències produïdes amb reclamació de danys i s'ha calculat l'índex de gravetat (IG) donant un pes lineal a cadascuna de les reclamacions de danys produïdes i normalitzant els resultats.

L'índex de gravetat calculat té una doble finalitat: d'una banda, serveix per a calibrar els resultats de l'anàlisi de freqüència de les incidències, tal com s'ha avançat anteriorment, permetent identificar com TCE aquells trams que, malgrat tenen una fortalesa inferior al quantil del 10% per tenir poques incidències o per ser aquests molt homogenis, tenen un índex de gravetat superior al quantil del 50% dels valors del IG (el que equival en la pràctica a que aquests obtinguin alguna reclamació de danys en el tram). D'altra banda, aquest índex serveix per a jerarquitzar els diferents trams TCE entre si i prioritzar l'adopció de mesures de mitigació.

En la següent taula es mostra un extracte dels resultats obtinguts de la identificació dels TCE mitjançant la metodologia proposada, després d'una anàlisi per freqüència i per gravetat. Els resultats complets per al conjunt de carreteres de la xarxa es poden consultar en l'arxiu *Output_incidencies.xls*.

RESULTATS OBTINGUTS: TRAMS DE CONCENTRACIÓ D'ESLLAVISSADES (TCE)									
TRAMS IDENTIFICATS				FREQUÈNCIA D'ACCIDENTS			ÍNDEX DE GRAVETAT (IG)		
ID Cluster	Via	PKi	PKf	Longitud (m)	Nombre d'incidències cluster	Nombre d'incidències via	Strength calibrat	Nombre d'incidències amb reclamació de danys (RD)	IG normalitzat
478	C-12	84800	85200	400	4	155	0.750	0	0.00
479	C-12	97800	98300	500	5	155	0.750	1	0.20
480	C-12	98800	99200	400	3	155	0.667	1	0.20
481	C-12	99800	100200	400	2	155	0.500	1	0.20
482	C-12	100800	101200	400	2	155	0.500	0	0.00
483	C-12	157800	158200	400	3	155	0.667	0	0.00
484	C-12	158800	159200	400	4	155	0.750	0	0.00
485	C-12	159700	160000	300	2	155	0.313	0	0.00
486	C-12	168300	168700	400	2	155	0.500	1	0.20
487	C-12	194800	195200	400	6	155	0.833	4	0.80
488	C-12	195800	196200	400	5	155	0.800	0	0.00
489	C-12	205800	206200	400	3	155	0.667	0	0.00
490	C-12	207700	208300	600	9	155	0.835	0	0.00
491	C-12	209200	209500	300	3	155	0.543	0	0.00
145	C-12B	8800	9200	400	3	8	0.667	0	0.00
144	C-12F	166800	167000	200	2	2	0.500	0	0.00
415	C-13	42800	43200	400	3	265	0.656	0	0.00
416	C-13	45800	46200	400	7	265	0.835	1	0.20
417	C-13	46300	46700	400	2	265	0.484	0	0.00
418	C-13	46800	47200	400	2	265	0.484	0	0.00
419	C-13	49800	50200	400	4	265	0.742	3	0.60
420	C-13	57800	58200	400	2	265	0.484	0	0.00
421	C-13	58800	59200	400	2	265	0.484	0	0.00
422	C-13	59800	60200	400	2	265	0.484	0	0.00
423	C-13	60300	60700	400	2	265	0.484	0	0.00
424	C-13	60600	61000	400	2	265	0.484	0	0.00
425	C-13	62800	63200	400	2	265	0.484	0	0.00
426	C-13	64800	65200	400	3	265	0.656	0	0.00
427	C-13	66600	67300	700	19	265	0.918	1	0.20

...

Taula nº 4. Resultats de trams TCE calibrats per gravetat i per freqüència

En l'anàlisi de freqüència d'incidències, s'ha calibrat el terme de fortalesa tenint en compte l'índex de gravetat, sobre la base de ja s'ha explicat anteriorment. En quant a l'anàlisi per gravetat, com s'ha descrit està referit a la magnitud i a l'impacte dels desprendiments produïts en el tram, mitjançant el criteri d'existència o no de reclamació de danys.

A continuació, s'inclou la representació dels punts quilomètrics que defineixen els trams TCE calibrats, disposats sobre les carreteres de la xarxa de la Generalitat de Catalunya. S'han representat en vermell aquells punts els quals el tram té un terme de fortalesa calibrada major a 0.75, en taronja els TCE amb fortalesa calibrada entre 0.50 i 0.75, i finalment, en groc els inferiors a 0.50 (arxius *PK_TCE_Calibrats_75-100/50-75/0-50_Ed1.shp*).

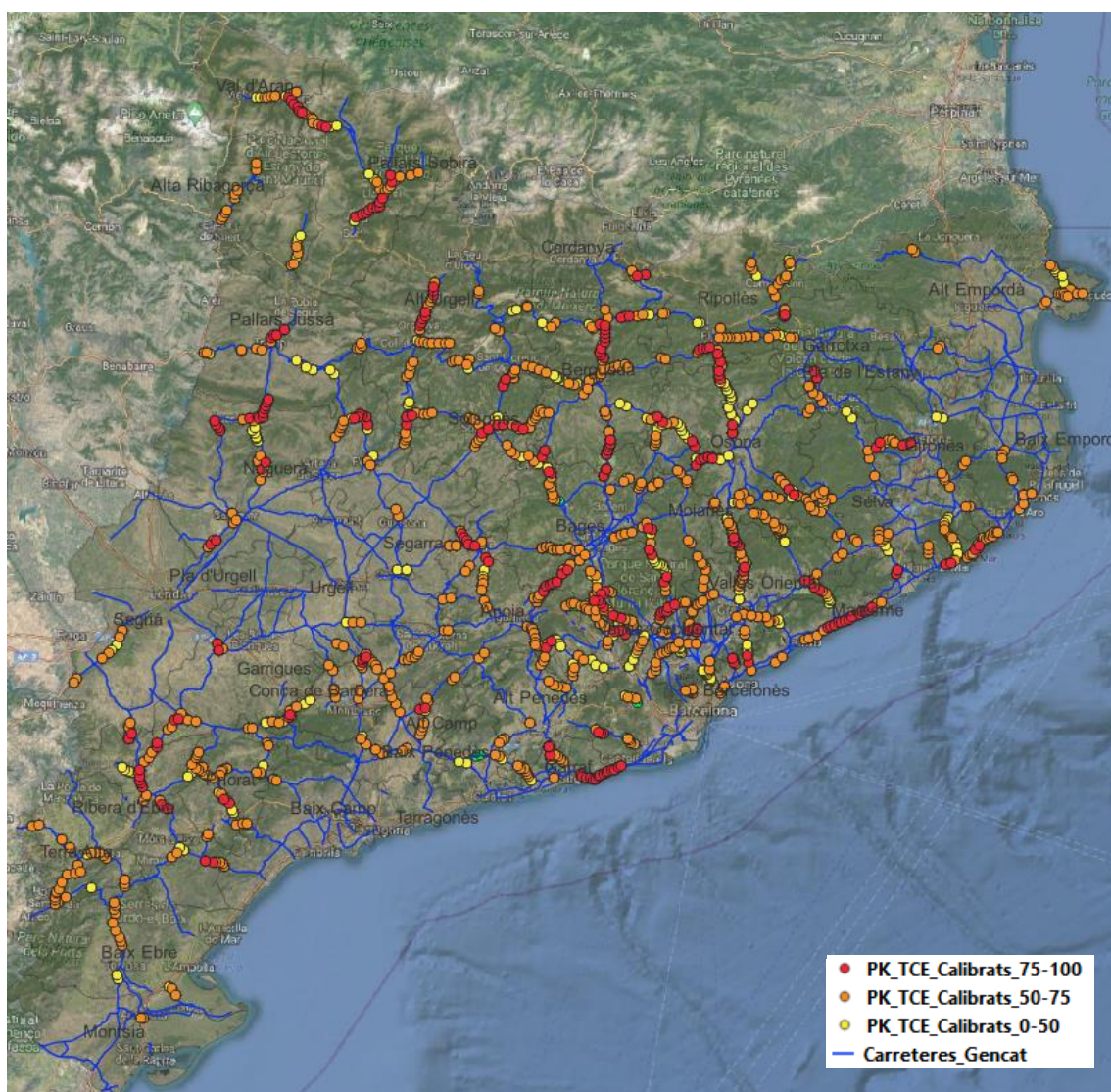


Figura nº 17 Jerarquització dels trams TCE segons la gravetat dels de les incidències. Font: elaboració pròpia

Si realitzem una comparativa entre els punts anteriors identificats mitjançant l'anàlisi proposat i la capa de punts del total de les incidències registrades per la Generalitat de Catalunya, podem veure que els TCE obtinguts es corresponen amb les zones de major densitat d'incidències.

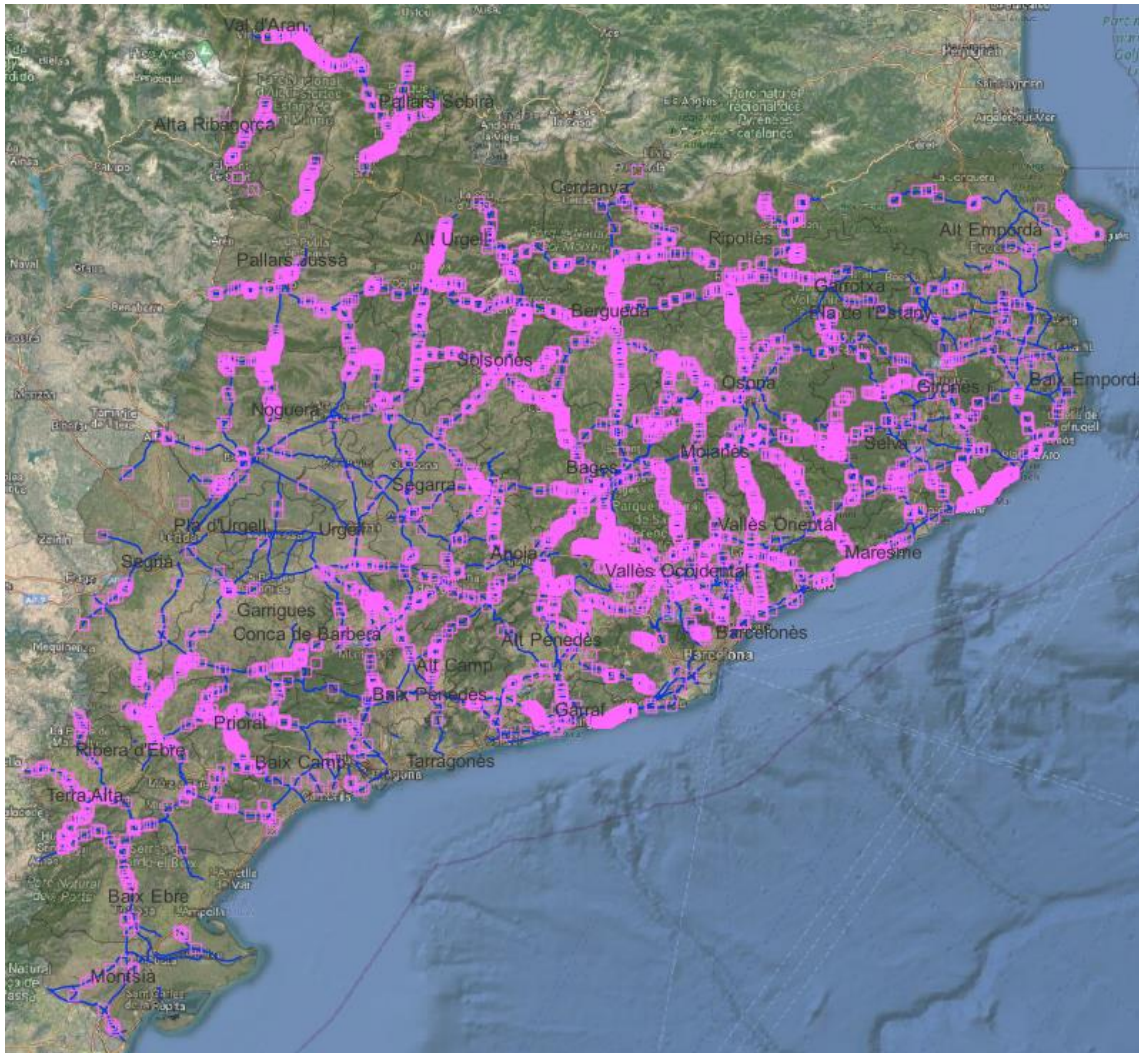


Figura nº 18 Incidències registrades sobre la xarxa de carreteres. Font: Dades de la Gencat

6 Conclusions

En primer lloc, en aquest informe s'han analitzat i comparat diverses propostes de càlcul extreteres dels estudis enumerats en l'apartat 3 per a la identificació de trams de concentració d'esllavissades (TCE), exposant els seus avantatges i inconvenients. Posteriorment, s'ha proposat una metodologia que combina els avantatges identificats en els estudis analitzats i s'ha desenvolupat mitjançant prova amb dades reals d'incidències per esllavissades i desprendiments en la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya.

La metodologia proposada es basa en utilitzar, d'una banda, el software KDE+ per a identificar els trams estadísticament rellevants a causa de la ubicació de les incidències esdevingudes, fixant de manera automàtica el llinar a partir del qual s'identifiquen els trams com TCE i classificant la importància d'aquests trams en funció de si la seva distribució d'incidències és més o menys homogènia (mitjançant el terme de fortaleza del tram), i d'altra banda, prendre dades de forma generalitzada que reflecteixin la magnitud dels desprendiments i el seu impacte en la funcionalitat de la carretera (com el volum de material caigut, les característiques d'aquest material, l'existència de reclamació de danys per part dels usuaris, etc.) per tal de obtenir dades de partida que permeten assignar diferents pesos específics a cada succés per a poder calibrar els trams obtinguts i jerarquitzar-los mitjançant l'índex de gravetat en funció de la magnitud dels desprendiments.

En aquesta prova d'identificació i jerarquització de trams de concentració d'esllavissades (TCE) de la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya, desenvolupada en l'apartat 5, s'ha treballat amb una mostra de 5,566 registres d'incidències d'aquesta tipologia entre gener de 2001 i juny de 2021. Aplicant aquesta metodologia s'identifiquen 1,019 *clústers* (trams de concentració d'incidències) en el total de carreteres, trams en els quals s'han detectat 3,541 d'incidències, un 65% del total registrat, en una suma de longituds de només un 6.8% del total de la xarxa de carreteres gestionada per la Generalitat de Catalunya.

Una vegada identificats aquests trams, s'han calibrat els valors de la seva fortaleza en termes de la freqüència d'incidències tenint en compte els resultats del conjunt de trams de la xarxa de carreteres, considerant com TCE aquells trams que la seva fortaleza supera el valor del quantil del 10%. Així mateix, s'ha calculat l'índex de gravetat de cada tram per a tenir en compte com TCE aquells trams en els quals, malgrat no complir-se el criteri anterior, tenen un índex de gravetat superior al quantil del 50%, és a dir, trams en els quals s'ha produït alguna reclamació de danys com a conseqüència de les incidències.

Els resultats amb els TCE obtinguts es recullen en format taula amb referències de via i PK (arxiu Excel *Output_incidencies.xls*) i georeferenciats mitjançant capes de TCE calibrats sobre la xarxa de carreteres de la Generalitat de Catalunya (arxiu shape *PK_TCE_Calibrats_75-100/50-75/0-50_Ed1.shp*, mostrats en la figura nº 17).

D'altra banda, cal destacar que el càlcul de l'índex de gravetat serà d'utilitat per a jerarquitzar els diferents trams TCE entre si, una vegada es generalitzi la recollida de dades que reflecteixin

la magnitud o l'impacte de les incidències per despreniments, de manera que es puguin prioritzar les mesures de mitigació d'incidències a adoptar.

Madrid, 17 de setembre de 2021



Pablo Fernández Quesada
Enginyer de Camins, C. y P.
INES Enginyers



Illán Paniagua Serrano
Dr. en Geologia
INES Enginyers