

# TREBALL FINAL DE GRAU

**TÍTOL DEL TFG:** Estudi de viabilitat d'una empresa de paqueteria mitjançant UAS a Catalunya.

**TITULACIÓ:** Grau en Enginyeria de Sistemes Aeroespacials. Menció Aeronavegació.

**AUTOR:** Josep Pieres Vilches

**DIRECTOR:** Hector Fornés Martínez

**DATA:** 26 d'Agost del 2022

**TÍTOL DEL TFG:** Estudi de viabilitat d'una empresa de paqueteria mitjançant UAS a Catalunya.

**AUTOR:** Josep Pieres Vilches

**DIRECTOR:** Hector Fornés Martínez

**DATA:** 26 d'Agost del 2022

## Resum

Aquest treball té la finalitat d'estudiar i analitzar la viabilitat econòmica d'utilitzar els UAS com a mitjà de transport de paquets. Concretament, aquest treball està enfocat en el transport del qual es coneix com a "última milla", és a dir, el darrer tram dins la cadena logística de transport d'un paquet.

Al final d'aquesta memòria, es vol donar resposta a una sèrie de preguntes en relació amb el tema proposat. Aquestes preguntes són:

- És viable econòmicament aquesta solució de transport?
- On s'ubicarien els centres de distribució des d'on es repartirien els paquets?
- Com s'estructuraria l'empresa? Per quines zones o territoris es començaria? Quines tenen un avantatge competitiu enfront del transport convencional més gran?

Per respondre totes aquestes qüestions, s'ha fet un estudi sobre on s'haurien d'ubicar els centres, quants centres es necessiten i quina mida han de tenir. Per fer-ho s'han utilitzat models matemàtics especialment dissenyats per aquest fi.

Després, s'ha buscitat la resposta, a través de la creació d'un indicador, a quines zones s'ha de començar a implementar l'empresa.

Finalment, s'ha estudiat quin pla de negoci ha de tenir aquesta empresa i s'han revisat els costos i els ingressos per determinar si és viable o no, avui en dia, aquesta solució tecnològica.

Al cap i a la fi, el que es vol ensenyar en aquesta memòria és el procés realitzat des de la formulació de les preguntes i el tema proposat, fins a l'obtenció de les respostes i conclusions pertinents.

**TITLE:** Viability plan of a parcel company by UAS in Catalunya

**AUTHOR:** Josep Pieres Vilches

**DIRECTOR:** Hector Fornés Martínez

**DATE:** 26 th of August 2022

## Overview

This project aims to study and analyse the economic feasibility of using UAS as a means of parcel transport. Specifically, this work is focused on the transport of which is known as "last mile", that is, the last stretch within the logistics chain of transport of a package.

At the end of this report, we want to answer a series of questions regarding the proposed theme. These questions are:

- Is this transport solution economically viable?
- Where would the distribution centers be located from where the packages would be distributed?
- How would the company be structured? What areas or territories would it start? Which have a competitive advantage over larger conventional transport?

In order to answer all these questions, a study has been made on where the centres would have to be located, how many centres are needed and what measure they should have. To do so, mathematical models specially designed for this purpose have been used.

Then, the answer has been sought, through the creation of an indicator, to which areas the company has to start implementing.

Finally, we have studied what business plan this company has to have and have reviewed costs and revenues to determine whether this technological solution is viable or not, today.

After all, what we want to teach in this report is the process carried out from the formulation of the questions and the proposed topic until the relevant answers and conclusions are obtained.

## **AGRAÏMENTS**

En primer lloc, com no podria ser d'una altra manera, agrair a tota la meva família (tan menorquina com catalana) tot el suport rebut durant aquests anys perquè, sense tota la seva ajuda,estima i recolzament, tot això no hauria estat possible.

En segon lloc, vull agrair a tots els meus companys i amics totes les vivències i aventures viscudes, sense elles, no hauria estat el mateix.

Finalment, vull agrair a totes les persones que han ajudat a la realització d'aquest treball, especialment, al Francesc Vilaplana, i sobretot, al director d'aquest projecte, l'Hector Fornés. Sens dubte, les seves aportacions han fet molt més lleuger el treball.

# TAULA DE CONTINGUTS

<b>INTRODUCCIÓ</b>	11
<b>CAPÍTOL 1. LOCALITZACIÓ DELS CENTRES DE DISTRIBUCIÓ</b>	16
1.1 Models de localització	17
1.1.1 Models de localització de centres de distribución	17
1.1.2 Teoria de grafs	21
1.2 Models utilitzats	22
1.2.1 Centre de gravetat	22
1.2.2 Teoria de grafs	24
1.3 Resultats	27
1.3.1 Resultats centre de gravetat	27
1.3.2 Resultats teoría de grafs	29
1.4 Solució proposada	31
<b>CAPÍTOL 2. ORDRE D'IMPLANTACIÓ DE LES COMARQUES</b>	32
2.1 Indicador de l'ordre de les comarques	32
2.2 Resultats	37
<b>CAPÍTOL 3. ESTUDI ECONÒMIC</b>	39
3.1 Nombre de paquets	39
3.1.1 Nombre de paquets en funció dels ingressos nets de les llars	39
3.1.2 Nombre de paquets en funció de la població de les ciutats	41
3.2 Costos	42
3.2.1 Retribució empleats	42
3.2.2 Amortització de l'inversió inicial	44
3.2.3 Cost manteniment i subministraments	47
3.2.4 Analisi i cost per entrega	48
3.3 Ingressos	50
<b>CAPÍTOL 4. PLA DE CREIXEMENT</b>	52
4.1 Fase 1	52
4.2 Fase 2	53
4.3 Fase 3	53
<b>CONCLUSIONS</b>	54
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	61
<b>ANNEXOS</b>	66

## FIGURES

<b>Fig 0.1.</b> Parts del UAS.	12
<b>Fig 0.2.</b> Esquema repartiment circular.	13
<b>Fig 0.3.</b> Esquema repartiment en estrella.	14
<b>Fig 1.1.</b> Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Alta Ribagorça.	29
<b>Fig 1.2.</b> Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Alta Ribagorça.	30
<b>Fig 2.1.</b> Repartició de pesos dels factors del IOC.	36
<b>Fig 3.1.</b> Repartició de pesos dels diferents subcostos del cost total.	48
<b>Fig 3.2.</b> Repartició de pesos dins de la retribució del personal.	49
<b>Fig 3.3.</b> Repartició de pesos dins de l'amortització de l'inversió inicial.	49
<b>Fig 3.4.</b> Repartició de pesos dins dels costos derivats del manteniment i els subministres.	50
<b>Fig 5.1.</b> Gràfic de l'affectació del ràtio pilots/UASs al cost total.	57
<b>Fig 5.2.</b> Gràfic de l'affectació de les hores de funcionament al cost total.	57
<b>Fig 5.3.</b> Gràfic de l'affectació del temps de carga de les bateries al cost total.	59
<b>Fig 5.4.</b> Gràfc sobre l'optimització dels costos.	60
<b>Fig A.1.1 - A.1.42.</b> Gràfics de dispersió resultants de les diferents comarques.	66-86
<b>Fig A.2.1 – A.2.42.</b> Grafs resultants d'aplicar teoria de grafs a les diferents comarques.	87-107
<b>Fig B.2.1.</b> Poblacions resultants a acollir el centre de distribució	120
<b>Fig B.2.2.</b> Mapa de les poblacions que formen part de la fase 1.	133
<b>Fig B.2.3.</b> Mapa de les poblacions que formen part de la fase 2.	134
<b>Fig B.2.4.</b> Mapa de les poblacions que formen part de les fases 1 i 2.	135
<b>Fig B.2.5.</b> Mapa de les poblacions que formen part de la fase 3.	136

**Fig B.2.6.** Mapa de les tres fases.

137

## TAULES

<b>Taula 1.1</b> Relació dels pesos dels factors del mètode del centre de gravetat.	23
<b>Taula 1.2</b> Càlculs del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Alta Ribagorça.	28
<b>Taula 1.3</b> Resultats del mètode de centre de gravetat a la comarca de l'Alta Ribagorça.	28
<b>Taula 2.1</b> Classificació dels factors del IOC.	33
<b>Taula 2.2</b> Anàlisi de cada factor.	34
<b>Taula 3.1</b> Nombre de paquets en funció des ingressos mensuals nets de les llars.	40
<b>Taula 3.2</b> Ingressos anuals nets de les llars en funció de l'àmbit territorial.	40
<b>Taula 3.3</b> Nombre de paquets en funció de la població de les ciutats.	41
<b>Taula 3.4</b> Velocitats dels UASs.	44
<b>Taula 3.5</b> Característiques i especificacions dels centres de distribució.	46
<b>Taula B.1.1</b> Poblacions resultants del mètode del centre de gravetat.	108
<b>Taula B.1.2</b> Solucions aportades per cada algoritme utilitzat.	109
<b>Taula B.1.3</b> Distàncies mitjanes en funció dels mètodes utilitzats.	111
<b>Taula B.1.4</b> Poblacions que acolliràn els centres de distribució.	112
<b>Taula B.1.5</b> Resultats obtinguts del IOC.	113
<b>Taula B.1.6</b> Càlculs dels nombres de paquets en funció dels ingressos nets de les llars.	114
<b>Taula B.1.7</b> Càlculs dels nomrbes de paquets en funció de la població de les ciutats.	116
<b>Taula B.1.8</b> Cost mensual degut a la retribució del personal.	117
<b>Taula B.1.9</b> Nombre de UASs necessàris	118
<b>Taula B.1.10</b> Superfície necessària per cada centre.	119
<b>Taula B.1.11</b> Cost de l'inversió inicial.	120

<b>Taula B.1.12</b> Amortització mensual del cost de l'inversió inicial desglossat en el dedicat als centres i a les aeronaus.	122
<b>Taula B.1.13</b> Costos en manteniment i subministraments.	123
<b>Taula B.1.14</b> Cost total de cada comarca.	124
<b>Taula B.1.15</b> Cost per entrega.	125
<b>Taula B.1.16</b> Ingressos en funció de l'aplicació d'un marge.	126
<b>Taula B.1.17</b> Ingressos mensuals en funció del preu mitjà de mercat.	127
<b>Taula B.1.18</b> Poblacions que formen la fase 1.	128
<b>Taula B.1.19</b> Cost de la fase 1.	129
<b>Taula B.1.20</b> Poblacions que formen la fase 2.	129
<b>Taula B.1.21</b> Cost de la fase 2.	130
<b>Taula B.1.22</b> Poblacions que formen la fase 3.	130
<b>Taula B.1.23.</b> Cost de la fase 3.	131

## GLOSSARI

<b>AESA</b>	Agència Estatal de Seguretat Aèria
<b>AMB</b>	Àrea Metropolitana de Barcelona
<b>Aldora Tech</b>	Empresa catalana dedicada al transport de paquets mitjançant UAS
<b>EASA</b>	European Union Aviation Safety Agency
<b>ESC</b>	Electronic Speed Control
<b>EUROCONTROL</b>	European Organisation for the Safety of Air Navigation
<b>FAA</b>	Federal Aviation Administration
<b>FEGP</b>	Federació Empresarial del Gran Penedès
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>ICAO</b>	International Civil Aviation Organization
<b>IDESCAT</b>	Institut d'Estadística de Catalunya
<b>INE</b>	Institut Nacional d'Estadística
<b>Mars Intelligence</b>	És una consultoria dedicada a la ciberseguretat, els serveis amb UAS i la seguretat.
<b>MTOM</b>	Maxim Take-Off Mass
<b>UA</b>	Unmanned Aircraft
<b>UAS</b>	Unmanned Aircraft Systems
<b>UAV</b>	Unmanned Aerial Vehicle
<b>Rang</b>	Màxima distància que pot fer una aeronau entre l'enlairament i l'aterratge mantenint les condicions de seguretat.
<b>RPAS</b>	Remotely Piloted Aircraft System

## INTRODUCCIÓ

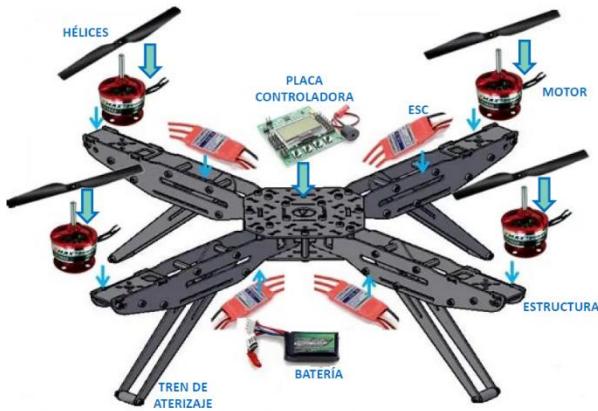
Abans d'entrar en matèria i aprofitant aquesta introducció, una de les primeres coses que s'ha volgut fer, és repassar el concepte de UAS i el seu funcionament perquè, independentment del nivell de coneixement del lector, tots puguin entendre tots els capítols que es tractaran a continuació.

Un UAS, com bé s'explica en l'article *Male UAV and its systems as a basis of future definitions* que trobareu a les referències (veure [1]), és un vehicle aeri propulsat que no transporta cap operador humà, utilitza forces aerodinàmiques com qualsevol altre vehicle aeri propulsat per volar, i a més, pot pilotar-se remotament o pot ser autònom.

Si mirem la introducció del treball de final de màster de Raúl Cuadrado Santolaria (veure [2]), veurem que un UAS té la capacitat de volar gràcies a la fusió d'un fuselatge, una combinació diferents sensors, un sistema de posicionament (GPS), un servo i una unitat de control de processament (CPU). Aquesta fusió de sistemes i elements deixa el següent llistat de les diferents parts que el formen:[3] [4]

- El Fuselatge.
- Les hèlices.
- El motor
- El ESC.
- La Bateria és una part molt important dins un UAS i és la part més important i a tenir en compte per la realització d'aquest projecte, ja que són la font d'alimentació, i això, condiciona i marca el que s'anomena com Temps de vol o Flight Time el qual és el temps màxim que pot estar operatiu i volant un UAS sense ser recarregat.
- Placa controladora de les superfícies de control encarregades de dirigir l'aeronau.
- Payload o càrrega útil transportada pel UAS.
- Els Mòduls de Telemetria o Telemetry modules en anglès, també coneguts com a unitat de comandament.
- Per últim, el Tren d'aterratge.

Totes aquestes parts, menys els mòduls de telemetria, estan recollides en la següent imatge:



**Fig 0.1.** Parts del UAS. Font: [5]

A continuació, un apunt que val la pena tractar, és el nom que, durant tot el treball, rebran aquests aparells.

Sovint, es pot trobar molts noms per referir-se a aquestes aeronaus. Per exemple, és molt comú anomenar-los “drons” o “UAV”, inclús, també trobem el terme “aeromodel” o “RPAS” els quals són menys freqüents. En aquest cas, durant tot el treball es farà ús del terme UAS. Això és degut al fet que és el terme que es va oficialitzar i el què les administracions i organismes oficials utilitzen.

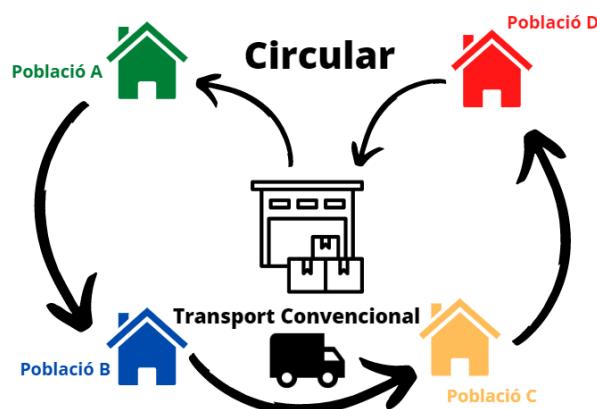
L’officialització d’aquest terme va venir arran de la incorporació d’aquest en documents oficials per part d’organismes com la ICAO, EUROCONTROL, EASA, FAA, el Departament de Defensa dels Estats Units o l’Autoritat d’Aviació Civil del Regne Unit. Aquests van ser els primers a adoptar aquest terme i en oficialitzarlo per tal de nomenar-los amb un terme amb més rigor i més acurat, ja que la gran majoria no eren del tot adequats. [7]

El primer document oficial que va incloure aquest terme i va adoptar aquesta decisió va ser el full de ruta a seguir sobre els UAS pels pròxims anys que va publicar el Departament de Defensa dels Estats Units juntament amb la FAA el 2005 (veure [8]). Cal explicar, que en aquest document, el terme UAS es refereix al conjunt de l'aeronau i als sistemes que l'engloben per dur a terme el seu funcionament. En canvi, per referir-se al mateix aparell sense aquests sistemes, oficialitza el terme UA.

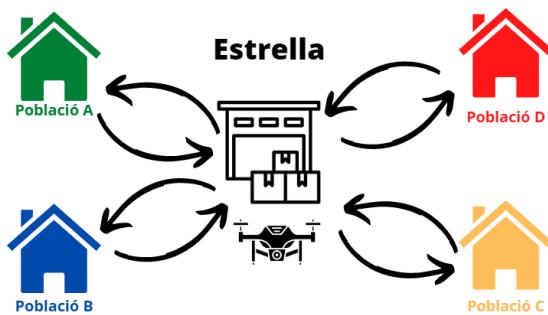
Ara que ja s'han introduït quatre dades referents als UAS, és hora de detallar el món de la paqueteria a Catalunya i quina és la seva situació actualment.

Per començar, s'ha de fer especial menció en què aquest sector és un sector amb molt potencial econòmic i en constant creixement. De fet, segons l'estudi realitzat per la generalitat (veure [9]), aquest sector representa un 1,5% del PIB català amb una aportació d'entorn d'uns 3800 M€. Tot això també ho reflecteix la premsa econòmica reflectint en nombroses notícies (veure [10] i [11]) el creixement que, any rere any, experimenta aquest sector. I és que, no és d'estranyar, que experimenti aquest creixement interanual, ja que el comerç electrònic no para de créixer i, cada cop, més gent confia en aquest sistema. Per això, és interessant analitzar les diferents solucions que van apareixent per millorar-lo. [12] [13] [14]

Un altre aspecte molt positiu que ens desvetllen els diferents estudis, és el fet que la gran majoria de paquets no pesen més de 3 kg. Això fa, que tinguin unes dimensions ideals i assumibles per ser transportats per un UAS. En aquest aspecte, el transport convencional (majoritàriament transport terrestre amb camió) no té cap avantatge enfot de les petites aeronaus pel fet que no es necessiten grans vehicles per poder-los transportar. En canvi, on sí que el transport convencional té una avantatge competitiva, és en l'esquema utilitzat per les rutes que realitza. És a dir, el transport convencional pot tenir un esquema circular perquè pot transportar més d'un paquet alhora. Per tant, pot fer varíes entregues sense passar pel centre de distribució. Per altra banda, els UAS no poden tenir aquest esquema perquè necessiten passar constantment pel centre perquè només poden transportar un paquet alhora. Ambdós esquemes es veuen reflectits en les següents imatges:



**Fig 0.2.** Esquema de repartiment circular. Font: pròpia



**Fig 0.3.** Esquema de repartiment en estrella. Font: pròpia

Tot i això, el transport a través de UAS en l'última milla, és un transport més ecològic i ràpid. Hi ha estudis com el que contempla l'empresa catalana AldoraTech dedicada a aquest tipus de solucions, que parlen d'una reducció de les emissions de CO<sub>2</sub> de fins a un 80% (veure [15]). I d'una reducció considerable del temps dedicat a l'entrega pel fet que, el UAS, va en línia recte i a una velocitat constant que en molts cops no baixa dels 100 km/h.

A banda d'això, des d'aquest treball, es considera que on realment els UAS tenen una avantatge competitiva són en les comarques més despoblades i rurals. En aquest tipus de poblacions, normalment, les distàncies són més llargues, els enviaments són inferiors i, per tant, els camions no poden optimitzar i portar molts paquets en una ruta. A més, les carreteres i les connexions són de pitjor qualitat dificultant les entregues. Per això, el fet que el UAS voli en línia recta i a una velocitat alta juntament amb tot l'esmentat, fa que sigui una opció més atractiva.

Gràcies a això, durant tot el projecte es prioritzarà aquest tipus de comarques i es treballarà amb aquesta hipòtesi o creença. El model que es planteja en aquest treball és un model el màxim descentralitzat possible on, des d'un centre logístic més gran (en aquest cas localitzat a Barcelona), es reparteix als diferents centres de distribució. Des d'allà, es repartiran abans a cada client amb UAS. En definitiva, s'ha decantat per un model amb forma d'arbre i el màxim descentralitzat possible.

Finalment, abans de començar amb el treball, cal exposar una sèrie d'assumptions que s'han assumit a l'hora d'estudiar aquest tema.

S'ha de remarcar que aquest projecte no entrerà a estudiar si la normativa actual permet dur a terme aquesta activitat o si la tecnologia actual és prou bona per fer-ho. Tampoc estudiarà amb quins mètodes o de quina manera han de recollir els paquets per poder complir la llei assegurant la privacitat i la recepció del

paquet per part del client. Aquest treball, com bé ja s'ha introduït en el resum anterior, només revisarà i estudiarà la viabilitat des del punt de vista econòmic.

El motiu pel qual només es vol estudiar des del punt de vista econòmic és perquè ja hi ha diversos estudis que analitzen que ha de canviar en la normativa actual, o quins procediments i sistemes es necessiten perquè el UAS pugui deixar el paquet a qualsevol habitatge. En canvi, hi ha molt pocs estudis que miren si tot això és rendible. Per tant, s'ha considerat necessari analitzar-ho, ja que durant la història de l'ésser humà, existeixen molts casos de productes que eren tecnològicament molt potents, però que no van ser viables econòmicament fent que no tinguessin lloc en el mercat.

Un cas representatiu de què s'ha explicat en l'anterior paràgraf, és el cas de l'avió A380 desenvolupat per l'empresa europea Airbus. Aquest model és un dels avions tecnològicament més avançats i, a més, és un dels avions de passatgers més grans i amb major capacitat del món. Però, no ha tingut èxit i moltes companyies han deixat de comprar-lo i utilitzar-lo perquè no és viable econòmicament i no té cabuda en el mercat. Per això, el que es pretén en aquest treball és poder contestar les preguntes plantejades en el resum a través dels cinc capítols següents i poder afirmar si aquesta solució tecnològica desbancarà el transport convencional en el transport d'última milla. Per fer-ho, com s'ha comentat, s'ha necessitat assumir una sèrie d'assumpcions. Aquestes són:

- S'assumirà que tots els vols i rutes plantejades són viables des del punt de vista normatiu.
- S'assumirà que les hores de funcionament, la construcció dels centres de localització i tot el que es tracta en aquest treball compleix la normativa o que en un futur la complirà.
- No es tindrà en compte el mètode de recepció del paquet. Per fer els càlculs, s'assumirà que el paquet surt del centre corresponent i arriba a la població. No es mesurarà fins a cap habitatge, el punt final serà un punt de referència central per cada població.

## CAPÍTOL 1: LOCALITZACIÓ DELS CENTRES DE DISTRIBUCIÓ

Un dels principals problemes que s'ha trobat a l'hora de realitzar aquest estudi, ha estat solucionar la problemàtica de quants centres de distribució es necessiten i on s'han d'ubicar.

Per solucionar aquest obstacle, es va decidir dividir l'empresa en comarques. És a dir, es va simular que l'empresa tenia un centre de distribució a cada comarca. Això es va fer, perquè al ser una divisió territorial existent i d'una mida petita, per temes legals, burocràtics o organitzatius, facilitaria utilitzar divisions territorials ja existents si es pensa en la creació o simulació del funcionament d'una empresa. A més, el fet que les extensions de les comarques no siguin molt grans (la comarca amb l'extensió més gran és la Noguera amb  $1784,1 \text{ km}^2$  [16]), ajuda en l'operativa dels UAS en termes del seu màxim rang. El rang, es un aspecte molt important a tenir en compte perquè és una de les limitacions més importants. Per tant, és molt positiu poder disposar d'extensions petites i de rutes curtes.

Un cop decidit el nombre, és moment de veure quines eines es poden utilitzar per poder solucionar la localització dels centres. Cal remarcar que la localització és un altre tema molt important a tenir en compte. S'ha d'escol·lir bé on construir-lo, ja que d'això depèn en gran part l'optimització de les rutes. Per fer-ho, s'ha d'escol·lir-la en funció de moltes variables com econòmiques (preu del sòl, PIB..), geogràfiques (localització de les poblacions), operatives (altitud) o demogràfiques (població, densitat de població...). Més endavant, quan s'expliqui el model que s'ha escollit i com s'ha calculat, s'explicarà amb profunditat totes aquestes variables.

El motiu pel qual és tan necessari tenir en compte aquestes variables, és degut a la relació de pesos que tenen les diferents localitats dins el mètode de localització. Si s'obté una bona relació de pesos, es podrà aconseguir un bon càlcul de la "població central" que serà l'acollidora del centre.

El concepte de centralitat que s'ha introduït en el paràgraf anterior, tindrà, durant tot el treball, un protagonisme molt important. Trobar-lo, serà l'objectiu d'aquest capítol. Ara bé, a què es refereix en termes de models de localització quan es parla de "centralitat"? Doncs bé, es refereix al node o localitat que compleix una sèrie de requisits en funció del model o algorisme que s'està utilitzant. De fet, com es comenta en el llibre dels professors: Ernesto Estrada i Philip A. Knight (veure [17]), el concepte pot tenir diferents interpretacions. Per això, hi ha multitud d'algoritmes amb els seus respectius mètodes per trobar-la. Com el nom indica, la centralitat és un punt, node o localitat que satisfà les necessitats que es requereixen quant a connexió i enllaços dins les xarxes que es creen amb els altres punts a estudiar. Quan s'analitzi cada model, es veurà quin significat té la centralitat dins cadascun.

## 1.1 MODELS DE LOCALITACIÓ

Com s'ha exposat anteriorment, hi ha molts models i maneres de trobar i estudiar la centralitat, en aquest treball s'han seleccionat un parell de models per trobar-la.

Es podria diferenciar dos blocs molt diferenciats sobre els models escollits. Un bloc podria estar format pels models que ja existeixen en termes de localització de centres. Hi ha estudis i models dins el sector logístic que calculen la localització dels centres de distribució. Com es podrà veure més endavant, de tots aquests, s'ha escollit un model molt utilitzat pels professionals d'aquest sector.

Per altra banda, cal explicar que per solucionar problemes de centralitat, com bé va recomanar el professor Francesc Comellas (especialista en teoria de grafs i teoria de xarxes), una manera de trobar el node central de les localitats de cada comarca és tractar el problema com un problema de teoria de grafs on cada localitat és un node del graf i cada un d'ells té una connexió amb els altres. Per trobar la centralitat, s'utilitzarien algoritmes especialitzats dins la teoria de grafs que compleixin aquesta funció. Per tant, en aquest bloc es troben tots els algoritmes o models de teoria de grafs que busquen el node central d'un determinat graf.

### 1.1.1 MODELS DE LOCALITZACIÓ DE CENTRES DE DISTRIBUCIÓ

En aquest primer bloc, es troben els models utilitzats dins el món de la logística i de la distribució destinats a resoldre aquesta problemàtica. Els més comuns són: (veure [18] [19])

- Anàlisis del punt mort o punt d'equilibri: Aquest model analitza la relació cost-volum de paquets o enviaments. Això ho fa per fer una comparativa dels diferents costs que tindria cada localització. L'objectiu és maximitzar benefici que obté l'empresa amb aquesta localització a través de la fórmula que el calcula. Es comparen tots els resultats i s'escull el resultat més gran. La fórmula que calcula el benefici és:

$$\text{Benefici} = \text{Ingresos Totals} - \text{Costos totals} = q * p - (CF + CVU * q) \quad (1.1)$$

On  $q$  = N° unitats venudes;  $p$  = Preu unitari;  $CVU$  = Costos variables unitaris i  $CF$  = Costos fixos totals.

- Mètode del centre de gravetat: És un mètode utilitzat per trobar l'óptima localització d'un centre. Concretament, calcula les coordenades òptimes que hauria de tenir el centre de distribució. Per fer-ho, calcula el cost de la localització en funció d'uns paràmetres o variables que interfereixen en la localització. De fet, com en el cas anterior, el que es busca és quedar-se amb la localització que té un valor assolit més alt. La fórmula que regeix aquest mètode és la següent:

$$\text{Coordenada } X = \frac{\sum_i d_{ix} W_i}{\sum_i W_i}; \quad \text{Coordenada } Y = \frac{\sum_i d_{iy} W_i}{\sum_i W_i} \quad (1.2)$$

On  $d_{ix}$  i  $d_{iy}$  són les coordenades dels centres i  $W_i$  és el valor del cost.

- Mètode dels factors ponderats: és una de les tècniques més utilitzades per la localització industrial. Destaca per ser un mètode que combina factors qualitatius i quantitatius i per no tenir una fórmula analítica. Per calcular-lo, s'ha de seguir els següents passos:

1. Determinar una relació de variables i factors que intervinguin en la localització del centre.
2. Assignar un pes a cada variable o factor, per tal de ponderar-los i reflectir la importància que té cada un.
3. Assignar un valor en funció de la importància que té cada factor o variable.
4. Fer la suma de les puntuacions ponderades de cada factor o variable i veure quina localització ha obtingut la puntuació màxima. Aquest mètode, en certa manera, també busca maximitzar el sumatori de costs o puntuacions.

- Mètode del model de transport: És un mètode que utilitza programació lineal per determinar el millor patró d'entregues en funció de la demanda i els costs a una determinada localització. En aquest cas, no es busca maximitzar els beneficis, sinó que, el que es duu a terme, és minimitzar els costos. Per tant, el punt que serà escollit, serà el que tingui els costs més baixos.

A banda d'aquests models, n'hi ha molts altres i de més complexos. De fet, s'ha fet una recerca i s'han contemplat un parell d'aquests complexos. Com bé explica Marc Garcia i Espinal en el seu treball de fi de màster (veure [20]), altres mètodes molt emprats serien els mètodes de simulació o mètodes heurístics.

Al cap i a la fi, existeixen infinitat de mètodes, tants com models matemàtics. Alguns models contemplats durant la recerca d'aquests mètodes serien:

- Per exemple, el model del professor de la Universitat de Sevilla: Jesús Muñuzuri Sanz anomenat “Model Muñuzuri”. Aquest sistema, que es pot trobar molt ben explicat tant el treball de fi de màster del Marc Garcia com en el de María Hernández Montesinos (veure [21]), té l'objectiu de trobar la ubicació òptima d'un determinat nombre de punts logístics minimitzant els costos de transport. Aquest model presenta una formulació matemàtica molt complexa i la fórmula per minimitzar el cost s'obté en funció de les hipòtesis plantejades. En el seu treball, Marc exposa una sèrie de condicions i assumpcions que provoquen que es trobi davant un model que soluciona “problemes d'ubicació mitjana p-hub d'assignació única i sense capacitats” obtenint la següent fórmula:

$$[MIN] \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} h_{ij} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \delta_k d_{jk} w_{jk} \quad (1.3)$$

$$h_{ij} \geq x_{ijk}, \forall i, j, k = 1 \dots n \quad (1.4)$$

$$w_{ij} \geq x_{ijk}, \forall i, j, k = 1 \dots n \quad (1.5)$$

$$y_{ij} \geq x_{ijk}, \forall i, j, k = 1 \dots n \quad (1.6)$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p \quad (1.7)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ijk} = 1, \forall k = 1 \dots n \quad (1.8)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_k x_{ijk} = \alpha_i \sum_{k=1}^n \delta_k, \forall k = 1 \dots n \quad (1.9)$$

$$x_{ijk} = 0, \forall i \notin H, j, k = 1 \dots n \quad (1.10)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\}, \forall i, j, k = 1 \dots n \quad (1.11)$$

$$y_j \in \{0,1\}, \forall j = 1 \dots n \quad (1.12)$$

$$h_j \in \{0,1\}, \forall j = 1 \dots n \quad (1.13)$$

$$w_{ijk} \in \{0,1\}, \forall i,j,k = 1 \dots n \quad (1.14)$$

No s'entrarà en explicar que significa cada variable per no allargar més aquest exemple. La finalitat d'exposar les fórmules de l'exemple del Marc, és observar que tot i aplicant simplificacions i hipòtesis al model, s'obté un model amb una complexitat matemàtica alta.

Finalment, per acabar aquest exemple, val la pena citar que aquest model pertany al grup de models de "Programació Lineal Sencera Binaria". De fet, durant la recerca i investigació d'aquest treball, s'ha pogut visualitzar molts exemples de models utilitzant aquesta tècnica. Per això, s'ha volgut afegir algun model més a referències. Concretament, el model desenvolupat pels professors: Juliana Niño-Vargas i Henry Lamos-Díaz, ambdós de la Universitat Industrial de Santander, a un article que publicaren que porta de nom: "*Modelo matemático para determinar la ubicación de Centros de Distribución en un contexto real*" (veure [22]).

- Per últim, un altre exemple de model de localització complex, podria ser el desenvolupat pels professors: Jae-Dong Hong, Yuanchang Xie i Ki-Young Jeong anomenat: "Robust Integer Facility Location" (veure [23]). Aquest model, que pertany a la família dels anomenats models robusts (dividits en: Ubicació d'instal·lacions d'enter robust (RIFL en anglès) i Ubicació d'instal·lació contínua robusta (RCFL)), va ser creat per trobar una òptima localització de les instal·lacions de resposta i emergència. Com en el cas anterior, aquest, intenta minimitzar els costos obtinguts de la fórmula matemàtica que regeix aquest model. Dita fórmula té aquest aspecte:

$$\text{Minimize } Z = \left[ \sum_{i \in I} \alpha_i W_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in M} (\sum_{m \in M} D_m y_{jm}) d_{ij} x_{ij} \right] + \left[ \sum_{j \in M} b_j B_j + \sum_{j \in M} \sum_{m \in M} D_m d_{jm} y_{jm} \right] \quad (1.15)$$

$$\sum_{i \in I} W_i \leq D_w \quad (1.16)$$

$$w_i + B_{p+i} \leq 1, \forall i \in I \quad (1.17)$$

$$w_i + \sum_{j \in M} y_{j(p+i)} = 1, \forall i \in I \quad (1.18)$$

$$\sum_{j \in M} y_{jn} = 1, \forall n \in N \quad (1.19)$$

$$k_i * w_i \leq \sum_{j \in M} x_{ij} \leq K_i * w_i, \forall i \in I \quad (1.20)$$

$$\sum_{j \in I} x_{ij} = B_j, \forall j \in M \quad (1.21)$$

$$\sum_{j \in M} B_j \leq D_B \quad (1.22)$$

$$y_{im} \leq B_j, \forall j \text{ and } \forall m \in M \quad (1.23)$$

$$B_i * L_i \leq \sum_{m \in M} y_{im} \leq B_j * U_j, \forall j \in M \quad (1.24)$$

Com abans, no s'entrarà en detall en l'explicació del significat de cada variable per no allargar l'explicació. Un altre cop, aquest és un model molt robust, però molt complex i, això, comporta una dificultat a l'hora d'aplicar-ho a problemes reals com el que ocupa aquest treball.

Finalment, com s'ha fet anteriorment, si el lector està interessat, pot consultar altres models de localització desenvolupats per altres professors universitaris experts en la matèria. En aquest cas, es recomana la lectura de l'article que es pot trobar a les referències anomenat: "*Metologia per la localització de centres de distribució a través d'anàlisis multicriteri i optimització*". Està escrit pels professors de la universitat de São Carlo (Brasil): Diego Soto-de la Vega , José Geraldo Vidal-Vieira i Eli Angela Vitor-Toso (veure [24]). Com el seu propi nom indica, han dut a terme un model de caràcter multicriteri basat en l'anàlisi de decisió i optimització especialitzat a resoldre problemes de localització de centres de distribució.

### 1.1.2 TEORIA DE GRAFS

En aquest apartat, es pot veure el segon bloc que es comentava al principi referent a la classificació que s'ha adoptat pels diferents mètodes que s'han contemplat durant la recerca del treball.

Bàsicament, el que cal explicar és en què consisteix la teoria de grafs. Concretament, l'objectiu que té aquesta part de les matemàtiques és poder expressar les relacions que tenen diversos objectes, persones o llocs representats en forma de punts dins un graf. Les relacions que tenen estan representades per les connexions entre punts.

La primera persona interessada en aquest tipus de matemàtica, com en molts casos, va ser: Leonard Euler l'any 1736 a través d'un estudi on va començar a modelitzar aquest tipus de problema amb aquesta eina. Avui en dia, s'ha avançat molt en l'estudi d'aquest tipus de gràfics i es poden trobar infinitat de mètodes, algoritmes i aplicacions. (veure [17])

Sense voler exposar molta més informació, només cal saber que hi ha principalment dos tipus de grafs: els dirigits i els no dirigits. Els dirigits són els que les connexions entre nodes tenen un sentit concret fent que només puguis anar d'un node a un altre en un sentit. En canvi, en els grafs no dirigits, les

connexions no tenen sentit i simplement són línies que uneixen dos nodes en una direcció concreta. (veure [17])

En aquest treball, s'ha centrat en el camp de la teoria de grafs que estudia la centralitat pel fet que és el que es necessita per resoldre el problema expressat a l'inici d'aquest capítol. Com en el cas anterior, hi ha infinitat d'algoritmes i mètodes que resolen la centralitat i el camí més curt entre dos nodes d'un graf en funció d'infinitat punts de vista. Per això, per no allargar l'extensió d'aquest apartat, s'explicaran tots els algoritmes utilitzats i s'aprofundirà més en aquest tema en el subapartat 1.2.2 dedicat a explicar els resultats obtinguts d'aplicar aquesta branca de les matemàtiques.

## 1.2 MODELS UTILITZATS

Un cop s'han presentat breument els diferents mètodes que es van contemplar a l'inici del treball, és hora d'explicar quins mètodes s'han escollit per solucionar el problema de localització dels centres. Bàsicament, s'ha utilitzat dos mètodes: el mètode de centre de gravetat i la teoria de grafs:

### 1.2.1 CENTRE GRAVETAT

Dels models matemàtics vists anteriorment en el primer bloc, s'ha escollit el mètode del centre de gravetat. El motiu principal d'aquesta elecció és causada pel fet que és un mètode que està pensat per trobar una localització òptima a través d'un llistat de possibles localitzacions. A més, ho fa d'una manera molt simplificada tenint en compte els factors que se li indiquin. Al final, el que és busca es obtenir una proposta de localització a través d'un mètode que tingui en compte els requisits plantejats de la manera més senzilla possible.

Arribats a aquest punt, és hora de contar com s'han aconseguit els resultats que es podran visualitzar en el següent apartat gràcies a aquest mètode. El que s'ha fet és considerar cada població de cada comarca un node. S'ha de recordar que cada comarca tindrà el seu centre de distribució. Per tant, calcularem el centre de gravetat de cada comarca i ho farem aplicant la fórmula exposada anteriorment (fórmula 1.2) a cada comarca.

Per altra banda, els factors que es tindran en compte en el càlcul del cost que reflecteix la fórmula són:

- **Població:** Es tindrà en compte el nombre d'habitants de cada població. S'afavorirà les poblacions amb més habitants, ja que ens convé posicionar

el centre en poblacions grans i poblades. Això, es fa per poder repartir, des d'allà, a les que tenen menys habitants i, per tant, poder estalviar viatges.

- **Densitat de població:** Com no podia ser d'una altra manera i pel mateix motiu que abans, es prioritza les poblacions amb una major densitat de població per dos motius. Per una banda, perquè significarà que hi ha un nombre d'habitants elevat i, per l'altra, significarà que estaran concentrats i localitzats en un mateix punt. Es busca poca dispersió i molta centralització.
- **Altitud:** A banda dels factors demogràfics, es volia incloure algun factor geogràfic. Es valoren les altituds baixes perquè es dóna per suposat que com menys altitud més fàcil accés i millors connexions per carretera tindrà la població. Això és important pel model de negoci que s'està estudiant perquè es treballa en solucions “d'última milla”. Per tant, convé que el paquet pugui accedir al centre de distribució de la manera més eficient possible. Per fer això, es necessita un bon transport terrestre. Es dóna per suposat, doncs, que a menor altitud millors connexions terrestres.

Un aspecte important que es va haver de tenir en compte, és la repartició de pesos dels factors. De fet, durant el treball, es podran veure diferents reparticions de pesos en funció de decisions completament subjectives de l'autor en funció de quins paràmetres volia donar-li més importància. En aquest cas, la repartició de pesos és:

**Taula 1.1.** Relació dels pesos dels factors en el mètode del centre de gravetat.  
Font: propia.

Pès	Factor
50%	Població
30%	Densitat de Població
20%	Altitud

Aquesta repartició és definida per les següents condicions que es va plantejar l'autor:

- Es volia que la població fos el factor amb més pes i que ocupés almenys el 50% del pes.
- Es volia que, de la resta, la densitat de població fos la que tingués més pes per acabar de potenciar els factors demogràfics.

- Finalment, es volia que la diferència entre els factors restants no fos molt alta.

Després de plantejar aquestes condicions, l'autor de manera subjectiva va acordar la relació de pesos que s'ha pogut veure en la taula 1.1 quedant la fórmula que calcula el cost de cada població de la següent manera:

$$W_i = 0,5 * Població_i + 0,3 * \text{Densitat de Població}_i + 0,2 * \left( \frac{1}{\text{Altitud}_i} \right) \quad (1.25)$$

Cal esmentar, que quan es deia que es prioritzaven les altituds baixes, això es veu reflectit en la fórmula utilitzant el seu invers, ja que es busca maximitzar el valor del cost.

Finalment, si s'aplica això a la fórmula general del centre de gravetat, s'obté:

$$\begin{aligned} \text{Coordenada } X &= \frac{\sum_i d_{ix} W_i}{\sum_i W_i} = \sum_i (d_{ix} * (0,5 * Població_i + 0,3 * \\ &\text{Densitat de Població}_i + 0,2 * (1/\text{Altitud}_i))) / ((0,5 * Població_i + 0,3 * \\ &\text{Densitat de Població}_i + 0,2 * \left( \frac{1}{\text{Altitud}_i} \right))) ; \end{aligned} \quad (1.26)$$

$$\begin{aligned} \text{Coordenada } Y &= \frac{\sum_i d_{iy} W_i}{\sum_i W_i} = \sum_i (d_{iy} * (0,5 * Població_i + 0,3 * \\ &\text{Densitat de Població}_i + 0,2 * (1/\text{Altitud}_i))) / ((0,5 * Població_i + 0,3 * \\ &\text{Densitat de Població}_i + 0,2 * \left( \frac{1}{\text{Altitud}_i} \right))) \end{aligned} \quad (1.27)$$

Per acabar, cal dir que aquesta fórmula proporciona les coordenades òptimes del centre de localització. Després, el que s'ha fet és calcular quin centre estava a menys distància de les dites coordenades per obtenir el node central de la comarca segons aquest mètode.

## 1.2.2 TEORIA DE GRAFS

A part del mètode del centre de gravetat, també s'ha intentat resoldre el problema de localització dels centres utilitzant teoria de grafs. S'ha usat aquest mètode per complementar les respostes assolides amb l'anterior mètode. Aquest mètode és més robust i complex que l'anterior. Com s'ha vist a l'anterior subapartat 1.1.2, la teoria de grafs enfoca l'afer des d'una perspectiva diferent, la qual, s'ha pensat que pot ser interessant tenir-la en compte. Per això, es decidiran els nodes centrals amb les dues solucions aconseguides.

Si s'entra en el detall, s'ha de mencionar que s'ha tractat com una qüestió de centralitat on cada població era un node del graf. Per solucionar-ho, s'ha aplicat diferents algoritmes per trobar el node central. Cada comarca forma un graf no dirigit (és a dir, els vèrtexs no tenen sentits), ja que la naturalesa del problema així ho requereix. Si es vol que tan el node A com B pugui ser el central, el camí de A a B com de B a A ha de tenir el mateix pes dins el graf. A més, han de ser bidireccionals per poder ser-ho. Per tant, s'obtindrà un graf on de cada node sortiran vèrtexs a cada un dels altres nodes. De tal manera que, a partir d'un node, es podrà anar a qualsevol altre. Això es fa perquè tots estiguin connectats entre si fent que tots puguin ser candidats a ser el central.

A continuació, després d'explicar la tipologia de graf que es té, és hora de veure quins algoritmes s'han utilitzat per calcular la centralitat: (veure [25] i [26])

- **Closeness:** Calcula la centralitat realitzant la suma inversa de la distància d'un node a tots els altres nodes del graf. Aquesta distància no és res més que el valor del cost que té el vèrtex entre els dos nodes. S'escolllirà com a node central el que tingui el valor de la suma més alt.

$$c_i = \frac{1}{C_i} \quad (1.28)$$

On  $c_i$  és la centralitat del node  $i$  i  $C_i$  és el valor del cost del node  $i$ .

- **Betweenness:** Mesura amb quina freqüència apareix cada node del graf quan es calcula la ruta més curta entre dos nodes. És a dir, es va calculant les rutes més curtes entre dos nodes (es calculen tots els casos possibles) i el node que s'utilitza més per fer aquestes rutes, serà el node central. Com abans, la distància entre dos nodes no és més que el cost del vèrtex. La fórmula que regula aquest algoritme és:

$$c(u) = \sum_{s,t \neq u} \frac{n_{st}(u)}{N_{st}} \quad (1.29)$$

On  $n_{st}(u)$  és el nombre de rutes més curtes entre els node  $s$  i  $t$  que passen pel node  $u$ . Finalment,  $N_{st}$  és el nombre de rutes més curtes que hi ha entre el node  $s$  i  $t$ .

Cal esmentar que en grafs no direccionals o no dirigits com el d'aquest treball, les rutes entre els nodes  $s$  i  $t$  seran les mateixes que les que hi ha

entre  $t$  i  $s$ . A causa d'això, aquestes rutes només es tindran en compte una vegada a l'hora de fer la suma.

- **Page Rank:** L'algoritme de Page Rank fou dissenyat per Sergei Brin i Larry Page. Destaca per ser l'algoritme que utilitzà el cercador mundialment conegut: 'Google'. Això, no és quasalitat, ja que, els dissenyadors d'aquest algoritme, també són els fundadors del gegant tecnològic.

L'algoritme el que fa és obtenir la centralitat a través d'una ruta aleatòria del graf. És a dir, escull un node aleatoriament, i després, escull els següents nodes de la ruta (de tots els possibles des d'aquell node) en funció de la probabilitat de ser escollit. Perquè s'entengui, en el cas que ocupa aquest treball, el que faria l'algoritme seria escollir un node a l'atzar i, seguidament, escolliria el següent node de la ruta aleatòria que realitza en funció dels pesos dels vèrtexs que té disponibles per utilitzar. Finalment, quan ha finalitzat la ruta, escull el node central en funció del temps que hi ha empleat a cada node, sortint escollit el node que menys temps ha necessitat.

- **Eigenvector:** Extreu el node central del vector propi ('eigenvector' en anglès) corresponent al valor propi més gran de la matriu d'adjacència del graf. Com en els casos anteriors, també es té en compte els pesos dels vèrtexs, ja que els costs es tenen en compte en multiplicar la matriu de costs a la d'adjacència per obtenir una matriu d'adjacència ponderada. Finalment, cal especificar que s'aconsegueix una puntuació valorant la centralitat de cada node fent servir aquest mètode. Aquestes puntuacions estan normalitzades sobre 1, de tal manera, que la suma de totes és igual a 1.
- **Degree:** Com a norma general, aquest algoritme escull el node central a través del nombre de vèrtexs que es connecten a cada node. En canvi, quan es tenen grafs com el d'aquest projecte on tots els nodes tenen el mateix nombre de vèrtexs perquè tots estan connectats entre ells, es té en compte també els pesos de cada vèrtex. Com en els casos anteriors, el pes és causat pel valor del cost de la ruta entre els nodes.

El motiu pel qual s'han utilitzat concretament aquests algoritmes és degut al fet que s'ha utilitzat l'eina Matlab per poder calcular la centralitat del graf. Matlab, gràcies a les seves llibreries, és una molt bona eina per calcular grafs i la seva centralitat. Per això, s'ha usat els algoritmes que oferia per aquests tipus de grafs. Al cap i a la fi, al subapartat 1.1.2, s'ha plantejat que es fessin servir un parell d'algoritmes per poder tenir diferents propostes o solucions. En aquest cas, s'ha considerat que aquests eren prou robusts i que ja eren un nombre suficient.

Després d'explicar els mètodes, o en aquest cas, algoritmes emprats, és hora de comentar com s'ha calculat la matriu de costs i quins factors s'han valorat.

S'anomena matriu perquè en tractar-se de grafs, es necessita que els valors dels costs estiguin englobats en una matriu per poder operar matemàticament amb ells.

La matriu de costs és expressada per diversos factors, els quals, la gran majoria ja s'han comentat a l'anterior mètode (subapartat 1.2.1). En el mètode del centre de gravetat, quan s'afirmava d'on es treien els valors dels costs de cada node, s'explicava que es tenien en compte: el nombre d'habitants, la densitat de població i l'altitud. Doncs bé, ara, a part de tenir en compte aquests factors, també s'ha tingut en compte la distància entre els nodes perquè, que en aquest cas, no es contemplen les coordenades com l'anterior cas.

Per altra banda, cal esmentar que per poder utilitzar aquestes dades, primer s'han de normalitzar i ajustar a la tipologia de problema. Si s'està treballant amb matrius i en un graf no direccional, com ja s'ha mencionat, el cost de la ruta A-B ha de ser el mateix que el de la ruta B-A. Per tant, perquè això es compleixi s'ha de treballar amb les diferències entre els valors del node A i node B. Si es posa d'exemple que un node té un valor de cost 10 i l'altre de 20, el que es farà serà treballar amb la diferència (la resta d'ambdós valors) perquè quan el graf usi el cost de la ruta, tingui el sentit que tingui, agafi el mateix valor. Aquest senzill exemple és el que es fa amb tots els factors esmentats anteriorment. Només cal afegir, que es fa la diferència dels valors normalitzats amb el valor més gran de totes les dades d'aquell factor i sobre 100. Això s'ha fet així, per poder ponderar bé tots els factors i evitar possibles afectacions als càlculs per una mala relació de pesos o de valors.

Un cop explicat com s'utilitzaran els valors a la matriu de costs, és hora de veure quina fórmula matemàtica calcula aquesta matriu. Com es podrà veure a continuació, és molt similar a la utilitzada pel mètode anterior, amb l'única distinció, que a aquesta, es té en compte la distància. Al contrari que abans, aquí no es busca maximitzar el cost, sinó que es busca minimitzar-lo. Per això, els factors que abans estaven multiplicats pel seu invers, ara no hi estan i a la inversa:

$$C_i = 0,35 * Distancia_i + 0,3 * \frac{1}{Població_i} + 0,2 * \frac{1}{Densitat_i} + 0,15 * Altitud_i \quad (1.30)$$

## 1.3 RESULTATS

Després de veure la metodologia i els mètodes utilitzats, és moment de veure els resultats obtinguts amb cada un d'ells.

### 1.3.1 RESULTATS CENTRE DE GRAVETAT

Per poder calcular els resultats dels centres de gravetat, s'ha fet ús un full de càlcul d'Excel i s'han representat els resultats en una gràfica.

Si s'agafa d'exemple els càlculs d'una comarca amb poques poblacions com és el cas de l'Alta Ribagorça, es pot veure que amb els factors i la fórmula de cost vista en el subapartat 1.2.1, la taula té la següent forma:

**Taula 1.2** Càlculs del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Alta Ribagorça. Font: pròpia.

NOM	COORDENADA X	COORDENADA Y	ALTITUD	DENISTAT POBLACIÓ	POBLACIÓ	Wi	$Dix * Wi$	$Diy * Wi$
Pont de Suert, el	42,41 °	0,74 °	838 m	15,74 hab/km2	2.331 hab.	80,00	3392,97	59,41
Vall de Boí, la	42,51 °	0,80 °	1111 m	4,83 hab/km2	1.060 hab.	31,95	1357,96	25,61
Vilaller	42,48 °	0,72 °	981 m	9,35 hab/km2	554 hab.	29,72	1262,38	21,35
					<b>Σ</b>	<b>141,67</b>	<b>6013,32</b>	<b>106,37</b>

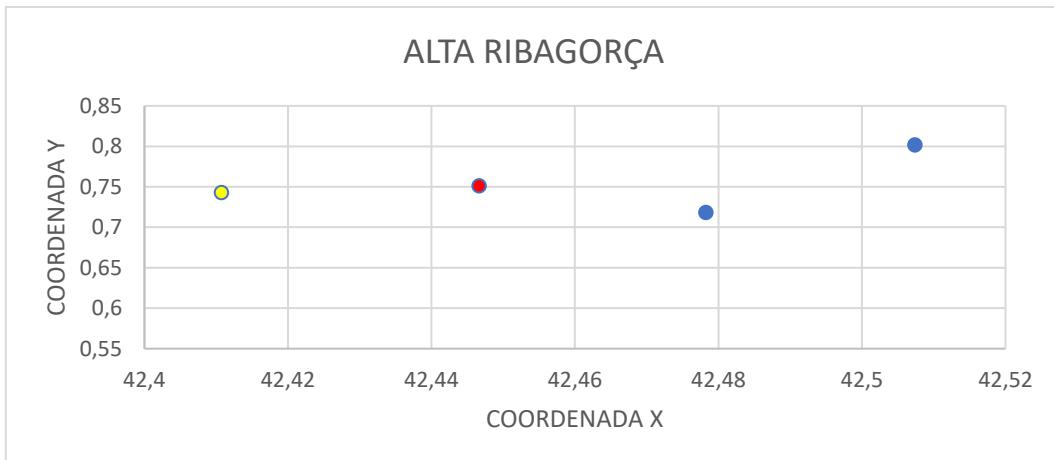
Si s'aplica les fórmules 1.25,26 i 27 vistes anteriorment, s'obté que el node central té les coordenades iguals a:

**Taula 1.3.** Resultats del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Alta Ribagorça. Font: pròpia.

Coordenada X	42,45 °
Coordenada Y	0,75 °

Per tant, ara amb l'ajuda d'un codi que s'ha dissenyat amb l'eina Matlab que compara totes les distàncies entre el node central obtingut i la resta de poblacions, es pot escollir quina població està a menys distància del node central resultant. Això es vol saber per què el que tingui menys distància serà el que tindrà les coordenades més similars a les òptimes (les del node central) i, per consegüent, serà on es construirà el centre de distribució de la comarca.

Això es pot veure de manera més clara en el següent gràfic on els punts blaus són les poblacions, el vermell les coordenades del node central i, en groc, les de la població més propera al node central:



**Fig 1.1.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode de gravetat a la comarca de l'Alta Ribagorça. Font: pròpia

En aquest cas, el punt groc pertany a les coordenades del Pont de Suert que serà on s'instal·larà el centre. Tots aquests resultats es poden consultar a l'annex A.1.

Si s'engloba tots els resultats vists a l'annex anterior en una taula, s'obté que les poblacions candidates a allotjar el centre de distribució són les de la taula B.1.1 de l'annex B.1.

### 1.3.2 RESULTATS TEORIA DE GRAFS

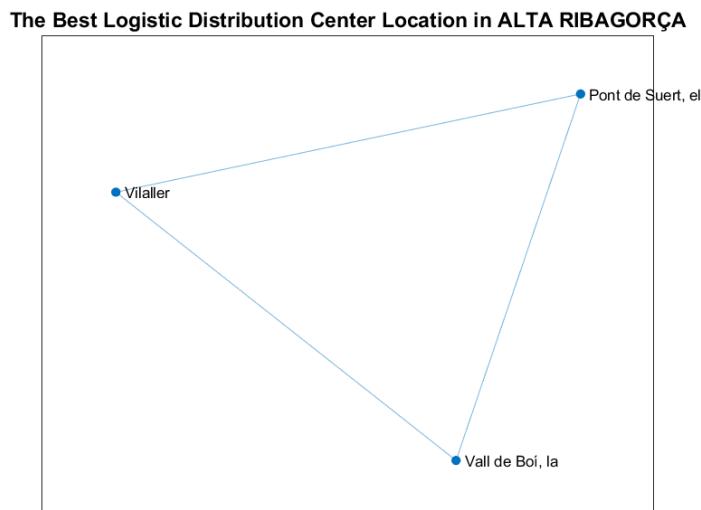
En aquest cas, per poder obtenir la solució del problema per teoria de grafs, s'ha utilitzat, com en el cas anterior, el programa de computació numèrica: Matlab.

Amb aquest programa, s'ha creat un codi que calcula la matriu de costos per cada comarca en funció de la fórmula i els factors vists en l'apartat 1.2.2. Després, multiplica aquesta matriu a la matriu d'adjacència del graf per tal de tenir en compte els costs de cada vèrtex. Les dimensions de la matriu de costs i d'adjacència variaran en funció de quantes poblacions tingui la comarca.

Finalment, només quedaría aplicar les llibreries i les funcions necessàries dels diferents algoritmes vists també a l'apartat 1.2.2 per obtenir els nodes centrals.

Els resultats que s'assoleixen són: un graf amb totes les poblacions i un node central proposat per cada algoritme fent que es tingui cinc propostes de node central (en molts casos, els diferents algoritmes proposen el mateix node central).

Si s'aprofita l'exemple utilitzat en el mètode del centre de gravetat: la comarca de l'Alta Ribagorça, s'obté el graf següent:



**Fig 1.2.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Alta Ribagorça.  
Font: pròpia.

Tots els grafs es poden consultar a l'annex A.2. Si es mira un graf de l'annex que pertanyi a una comarca amb moltes poblacions com és el cas de la comarca de l'Alt Empordà amb 68 poblacions, es podrà observar com el graf que s'obté és més complexe.

Altrament, i seguint amb l'exemple de l'Alta Ribagorça, com ja s'ha explicat, el codi també proporciona el node central en funció de quin algoritme s'ha aplicat. Si es recopila totes les solucions aportades pels algoritmes per totes les comarques en una taula, s'obté el que es pot veure a la taula B.1.2 de l'annex B.1.

Cal remarcar, que com ja s'ha comentat, en molts casos els mètodes coincideixen i proposen la mateixa població. De fet, és comú que els mètodes de *Degree*, *Eigenvector* i l'algoritme de *Page Rank* tinguin la mateixa solució. O, per altra banda, que passi el mateix amb els de *Closeness* i *Betweeness*.

## 1.4 SOLUCIÓ PROPOSADA

Per donar per finalitzat el capítol 1 d'aquest treball, s'ha de realitzar el darrer pas: escollir quina població d'entre totes les proposades pels diferents mètodes és la solució proposada.

En aquest cas, el que s'ha fet, és escollir-ho en funció de la distància mitjana entre la població escollida i les altres. Això s'ha fet perquè el que convé, és obtenir una distància mitjana el menys baixa possible per poder efectuar el màxim nombre d'operacions en un dia. Es dóna per suposat que totes les solucions ofereixen uns nodes amb molta connexió i amb molt bona puntuació en termes de centralitat en funció dels factors exposats. Per fer-ho, s'ha utilitzat, de nou, l'eina de computació numèrica: Matlab. El que s'ha fet amb aquesta eina, és crear un codi que calculi la distància entre la població escollida i la resta. Després, s'ha fet la mitja de totes les distàncies per aconseguir les mitjanes d'elles. Això s'ha fet per cada un dels mètodes i dels nodes centrals suggerits. Es pot visualitzar en la taula B.1.3 de l'annex B.1 on apareixen totes les distàncies mitjanes en km.

D'entre tots aquests valors, si tria pel criteri comentat abans, s'obtindrà que, majoritàriament, el mètode amb un valor més baix serà el de *Closeness* menys en 8 casos on guanya el del *Centre de Gravetat*. Per tant, la població de cada comarca que acollirà el centre de localització serà la de la taula B.1.4 de l'annex B.1.

Si s'agrupen en un mapa, es pot veure com estan repartits arreu del territori català. Aquest mapa és la figura B.2.1 de l'annex B.2.

## CAPÍTOL 2: ORDRE D'IMPLANTACIÓ DE LES COMARQUES

Una altra problemàtica que es va haver de fer front, va ser per quines comarques es començava a implantar l'empresa. És a dir, per quines valia la pena començar a oferir el servei i a implantar el negoci. S'ha treballat en què s'introdueixi en el mercat i en el territori de manera gradual. És per això, que una altra problemàtica important a resoldre és quines comarques són les millors per començar i quin ordre s'ha de dur a terme per poder optimitzar al màxim el benefici i garantir l'èxit del negoci.

Per resoldre aquest problema, el que s'ha fet, és crear un indicador que calculi quina comarca té més **riquesa i alhora, menys connectivitat, per habitant**. El motiu d'aquest criteri ve derivat de la recerca d'una comarca on hi hagi riquesa i activitat econòmica perquè voldrà dir que hi haurà empreses i consumidors i, per tant, necessitaran serveis de transport i distribució. A més, es necessita que sigui una comarca amb una mala connectivitat per poder tenir avantatge competitiva enfront del transport convencional. Si s'escull una comarca on hi ha més dificultats perquè arribin les mercaderies a causa de les poques infraestructures terrestres que tingui, la solució que es proposa en aquest treball tindrà més opcions de ser una alternativa real, seria i eficaç per poder ser el mètode de distribució dins d'aquell territori.

Tot seguit, si es fa un plantejament de quines comarques poden complir aquests requisits, es poden proposar comarques amb un gran desnivell entre poblacions (és a dir, comarques muntanyoses) o bé, comarques amb moltes poblacions petites i disperses i amb una connexió precària entre elles (per tant, es busca, si pot ser, descentralització).

### 2.1 INDICADOR ORDRE COMARQUES

Com s'ha explicat anteriorment, s'ha creat un indicador que calcula l'esmentat anteriorment. Aquest indicador porta per nom: *IOC (Indicador Ordre Comarques)* i es basa en la puntuació que té cada comarca en els següents factors:

- Població
- Densitat de Població
- Mitjana de les diferències d'altures entre poblacions

- PIB
- Mitjana de les distàncies entre poblacions
- Infraestructures de transport i comunicacions
- Innovació i desenvolupament tecnològic
- Volum de mercat i activitat econòmica
- RFDB (Renta Familiar Disponible Bruta)
- Esperit emprenedor i dinamisme empresarial

En resum, els factors es poden agrupar en tres grans grups:

**Taula 2.1.** Classificació dels factors del IOC. Font: pròpia.

Factors Econòmics	Factors de Connectivitat	Factors Demogràfics
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PIB</li> <li>• RFDB</li> <li>• Volum de mercat i activitat econòmica</li> <li>• Innovació i desenvolupament tecnològic</li> <li>• Esperit emprenedor i dinamisme empresarial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestructures de transport i comunicacions</li> <li>• Mitjana de les diferències d'altures</li> <li>• Mitjana de les distàncies entre Poblacions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Població</li> <li>• Densitat de Població</li> </ul>

Aquests blocs que formen els factors són els tres aspectes que es volia que contemplés l'indicador. Com ja s'havia explicat abans, es buscava que es tingués en compte la variant econòmica de la comarca i la seva activitat econòmica. Per això, compta amb fins a 4 factors que miren des del poder adquisitiu per família i habitant (PIB i RFDB) a factors que miren el nivell d'innovació o de volum de mercat que posseeix o, inclús, l'emprenedoria que té la població.

Per altra banda, el bloc de connectivitat revisa el que es comentava del nivell de connexió que té la comarca. Això, es veu reflectit en l'indicador tenint en compte

el desnivell mitjà de la comarca i la descentralització que tenen les poblacions entre elles en mirar la distància mitjana entre poblacions.

Per acabar, l'últim bloc, fa referència a la demografia del territori. Contempla el nombre d'habitants i de nou, com estan distribuïts aquests habitants i la descentralització que tenen entre ells amb la densitat de població.

A continuació, es podrà veure en la següent taula que es busca de cada factor. En altres paraules, si es vol maximitzar-lo o minimitzar-lo en funció de la lectura que se li doni:

**Taula 2.2.** Anàlisi de cada factor. Font: pròpia.

FACTOR	QUE ES BUSCA D'AQUEST FACTOR?	EXPLICACIÓ
Població	Minimitzar-lo	Es vol prioritzar poblacions baixes pel fet que, per norma general, les poblacions baixes es donen a comarques amb menys connectivitat i més rurals. Com ja s'ha mencionat en alguna ocasió durant el treball, es vol prioritzar i enfocar l'empresa al món rural. Sobretot en les primeres fases.
Densitat de Població	Minimitzar-lo	Amb relació al que s'ha explicat en el factor anterior, es prioritza densitats de població baixes pel mateix motiu que abans.
Mitjana de les diferències d'altures	Maximitzar-lo	Es valoren les diferències d'altura grans, ja que això prioritza les comarques amb molt relleu i, per tant, amb més dificultat per tenir una bona xarxa de carreteres.
PIB	Maximitzar-lo	Es vol un PIB com més alt millor per poder prioritzar les comarques amb més riquesa i poder adquisitiu del territori pel qual s'ha detallat anteriorment.
RFDB	Maximitzar-lo	Tenint en compte el que s'ha explicat anteriorment, en aquest paràmetre s'aplica la mateixa reflexió que en el factor anterior.
Mitjana distàncies entre poblacions	Maximitzar-lo	En aquest cas, tot i que pugui semblar contradictori, el que es busca és prioritzar comarques amb un terme mig de distàncies altes. Això es fa per prioritzar les comarques més descentralitzades i més mal connectades. S'assumeix que, si es tenen distàncies mitjanes grans, hi haurà més possibilitats de tenir al davant

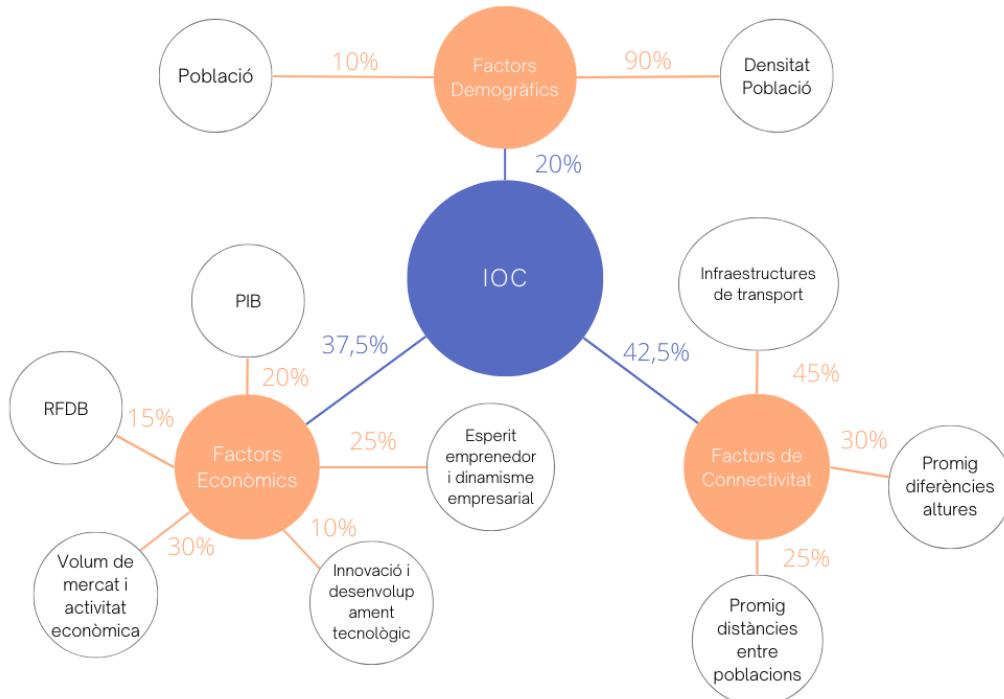
		una comarca amb una densitat de població baixa. De fet, cal remarcar que, en aquests casos, és on hi haurà més avantatge competitiva enfront del transport de paqueteria convencional.
Infraestructures de transport i comunicacions	Minimitzar-lo	En aquest punt, es vol donar avantatge a les comarques amb una mala infraestructura de transport i comunicacions. Per això, s'escolllirà primer una comarca que tingui una puntuació molt baixa en aquest aspecte. El motiu està relacionat amb el que s'exposava al punt anterior.
Innovació i desenvolupament tecnològic	Maximitzar-lo	Seguint amb el que s'ha explicat en els punts referents al PIB i RFDB, en aquest també es busca un valor gran, ja que com s'ha dit, es busca fomentar les comarques amb una activitat econòmica gran i amb un gran desenvolupament. Recordeu, que el que vol obtenir aquest indicador és la comarca més desenvolupada i amb major riquesa juntament amb la qual tingui pitjor connexió i infraestructura de transport.
Volum de mercat i activitat econòmica	Maximitzar-lo	Pel mateix motiu que el comentat als punts de PIB i RFDB, es vol valors grans d'aquest factor.
Esperit emprendedor i dinamisme empresarial	Maximitzar-lo	Finalment, i com és pot suposar, en aquest darrer factor, el que es busca és prioritzar aquelles comarques amb una puntuació elevada per tot el comentat anteriorment. Un bon esperit emprendedor i dinamisme empresarial, reflectirà en la creació d'empreses i una bona activitat econòmica que faran que la comarca tingui riquesa i poder adquisitiu.

Ara que ja es sap que es busca de cada factor i quina lectura té dins l'indicador, és el moment de veure el pes que té cadascun dins l'indicador. Com ja passava anteriorment amb els anteriors mètodes, aquí també s'ha escollit el pes dels factors de manera objectiva i totalment parcial en funció dels requisits i hipòtesis que es volia que complissin. Aquests requeriments són:

- Es vol que els blocs de factors de connectivitat i econòmics siguin els més importants. Per tant, els factors demogràfics seran els que tindran menys pes.
- Es vol que els factors de connectivitat tinguin més pes que els econòmics.
- Es vol que no hi hagi cap factor que tingui més d'un 20% del pes total de l'indicador. Així es vol evitar la sobre representació dels factors.

- L'ordre d'importància dels factors dins cada grup és el següent (de més important a menys):
  - **Bloc de factors econòmics:** Volum de mercat i activitat econòmica → Esperit emprenedor i dinamisme empresarial → PIB → RFDB → Innovació i desenvolupament tecnològic.
  - **Bloc de factors de connectivitat:** Infraestructures de transport i comunicacions → Mitjanes de les diferències d'altures → Mitjanes de les distàncies entre poblacions.
  - **Bloc dels factors demogràfics:** Densitat de població → Població.

Consegüentment, si s'agrupa totes les condicions anteriors en un arbre de pesos s'obté el següent pes per cada factor:



**Fig 2.1.** Repartició de pesos dels factors del IOC. Font: pròpia

En últim lloc, si es trasllada el que es pot veure en l'arbre anterior a una fórmula matemàtica, s'obté que el IOC està definit per la següent expressió:

$$\begin{aligned}
 IOC = & 0,375 * (PIB * 0,2 + RFDB * 0,15 + \\
 & Innovació i desenvolupament tecnològic * 0,1 + \\
 & Esperit emprendedor i dinamisme empresarial * 0,25 + \\
 & Volum de mercat i activitat econòmica * 0,3) + 0,425 * \\
 & \left( Promig de les diferències d'altures * 0,3 + \right. \\
 & Promig de les diferències de distàncies entre poblacions * 0,25 + \\
 & \left( \frac{1}{\text{Infraestructures de transport i comunicacions}} \right) * 0,45 \Big) + 0,20 * \left( \left( \frac{1}{\text{Població}} \right) * 0,1 + \right. \\
 & \left. \left( \frac{1}{\text{Densitat de població}} \right) * 0,9 \right)
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Cal esmentar, que tots els valors, igual que en les fórmules vistes prèviament, estan normalitzats. A més, en els casos de les distàncies mitjanes i les altures mitjanes, es treballa amb les diferències entre poblacions també.

Per acabar, només faltaria explicar que els factors que només apareixen en aquest indicador com és el cas del Volum de mercat i activitat econòmica o la Infraestructura de transport i comunicacions, estan extrets de l'informe de competitivitat comarcal del 2019 (per evitar contaminacions estadístiques provocades per la pandèmia, s'agafen les dades d'abans) elaborat per la FEGP (veure [27]).

## 2.2 RESULTATS

Per finalitzar aquest apartat, només queda observar i analitzar els resultats obtinguts. Si s'aplica la fórmula exposada anteriorment, s'obté les puntuacions que es poden veure a la taula B.1.5 de l'annex B.1.

Pel que fa als resultats de la taula anterior, es pot observar com hi ha un nombre determinat de comarques, les quals estan marcades de groc, que no s'aplicarà l'ordre obtingut perquè pertanyen a comarques amb un alt nombre de població i rellevància. S'està parlant de comarques que contenen, o bé, capitals de província (Gironès, Tarragonès...), o bé, són annexes a Barcelona (el Vallès Oriental o el Baix Llobregat) i, per tant, amb una gran població i connectivitat.

Això es fa per no desvirtuar l'objectiu i el pla establert al principi del treball. Es busca principalment actuar en entorns rurals i mal connectats, per això, aquest tipus de comarques, tot i aparèixer en un ordre determinat a l'indicador, seran de

les darreres en entrar en funcionament com es podrà veure en detall en el capítol 4 d'aquest treball on s'explica el pla de creixement.

Finalment, si s'analitzen les tres primeres comarques del llistat, curiosament, són tres comarques pirinenques: el Pallars Sobirà, la Vall d'Aran i el Berguedà. Per això, com es podrà veure en el pla de creixement, seran les primeres regions on s'introduiria l'empresa.

## CAPÍTOL 3. ESTUDI ECONÒMIC

Una altra qüestió a tractar és la viabilitat econòmica del treball. Després d'analitzar on s'han d'ubicar els centres de distribució i per quines comarques era millor començar, és hora de veure si allò que operacionalment és viable, també ho és des del punt de vista econòmic.

No es pot deixar de banda aquest aspecte i, de fet, per això se li dedica un capítol sencer. És sabut, que si un producte per molt avançat tecnològicament que sigui, no té un cost adequat i viable, tindrà les hores comptades en el mercat. En molts casos, com ja s'ha comentat a l'introducció, els humans han creat aparells i tecnologies molt avançades i potents que no han tingut èxit precisament perquè tenien poca viabilitat econòmica.

Per estudiar si aquest projecte és rendible, el que s'ha fet, és intentar obtenir un cost aproximat per entrega de cada comarca i comparar-lo amb el que tenen avui en dia i veure si el preu que tindria les entregues és similar al que hi ha actualment en el mercat.

Per fer-ho, el que s'ha d'analitzar primer és el volum de paquets que hi ha a cada comarca per saber el volum de negoci potencial a què es pot aspirar.

### 3.1 NOMBRE DE PAQUETS

Com s'ha dit abans, una incògnita important a descobrir per saber el cost per enviament, és el nombre de paquets que hi ha en circulació al dia a cada comarca. Saber aquesta dada no ha estat fàcil, ja que no existeix cap estadística pública, ja sigui gràcies a la Generalitat a través de l'IDESCAT com el Govern Espanyol a través de l'INE, que reflecteixi el nombre exacte de paquets diaris per comarca.

Per tant, després de buscar estudis i altres dades proporcionades per ambdós organismes, el que es va fer és utilitzar una estadística de l'IDESCAT de l'any 2017 que proporciona el nombre de compres a través d'internet en funció de certs paràmetres (veure [28]). Concretament, en aquest treball es calcula el nombre de paquets diaris per comarca en funció de dos paràmetres d'aquesta estadística.

#### 3.1.1 NOMBRE DE PAQUETS EN FUNCIÓ DELS INGRESOS NETS DE LES LLARS

El primer mètode, per trobar el nombre de paquets que s'ha utilitzat, consisteix a calcular-lo en funció dels ingressos mensuals nets de les llars. Això és possible gràcies a la taula següent que ens ofereix l'IDESCAT (veure [28]):

**Taula 3.1.** Nombre de paquets en funció dels ingressos mensuals nets de les llars. Font: IDESCAT [28]

Ingresos menusals nets per llar	Nº de compres que han efectuat les persones entre 17 i 64 anys en 3 mesos a través internet.
Menys de 900 €	146.209
De 901 a 1.600 €	412.476
De 1.601 a 2.500 €	550.781
Més de 2.500 €	709.732

D'aquesta taula podem extreure que, com era d'esperar, com més ingressos es té, més compres s'efectuen a través d'internet. En segon lloc, cal explicar que s'està basant en l'e-commerce, perquè és el que, majoritàriament, necessita empreses com les que s'està analitzant per poder transportar els productes al client. Segurament, el nombre de paquets seria més elevat si es tenen en compte totes les vies que poden necessitar aquests serveis, però, per tal de tenir un nombre realista, fidedigne i agafant sempre els casos més restrictius, es treballarà amb els volums que proporciona aquesta estadística.

Un cop arribat a aquest punt, el que s'ha de fer, és agafar, a través també de les dades d'IDESCAT, la renda neta mensual de cada llar de cada comarca i calcular el nombre de paquets. Malauradament, l'IDESCAT no ofereix aquestes dades sino que simplement ofereix la renda anual neta de cada llar en funció de l'àmbit territorial:

**Taula 3.2.** Ingressos anuals nets de les llars en funció de l'àmbit territorial.  
Font: IDESCAT [28]

Ingressos anuals nets de la llar (€)	
Metropolità	32.861,90

Comarques Gironines	28.163,00
Camp de Tarragona	28.405,30
Terres de l'Ebre	21.525,00
Ponent	28.875,10
Comarques Centrals	25.793,60
Alt Pirineu i Aran	21.248,40
Penedès	32.056,20

Així doncs, el que s'ha fet, és agafar aquestes dades i exportar-les a les unitats que es necessiten. És a dir, s'ha agafat el valor mensual de la taula anterior a cada comarca en funció de la renda de l'àmbit territorial al qual pertany. De tal manera, que s'obté que cada comarca tindrà els nombres de paquets que es poden veure a la taula B.1.6 de l'annex B.1.

Abans de finalitzar aquest subapartat, s'ha d'especificar que, per fer els càlculs, s'ha suposat que els mesos tenen una duració de trenta dies i que els tres mesos tenen igual duració.

### 3.1.2 NOMBRE DE PAQUETS EN FUNCió DE LA POBLACiÓ DE LES CIUTATS

L'altre mètode que s'ha utilitzat per trobar el nombre de paquets diaris, és calculant-ho gràcies a una altra estadística d'IDESCAT del mateix estudi que l'anterior mètode on es relaciona el nombre de compres per internet en tres mesos de les persones entre 17 i 64 anys en funció de la població on resideixen (veure [28]). Això es pot veure resumit en la següent taula extreta de el dit estudi:

**Taula 3.3.** Nombre de paquets en funció de la població de les ciutats. Font: IDECAT [28].

<b>De 100.000 i més i capitals de prov.</b>	<b>1.067.929</b>
<b>De 50.000 a menys 100.000</b>	<b>256.894</b>
<b>De 20.000 a menys 50.000</b>	<b>377.020</b>
<b>De 10.000 a menys 20.000</b>	<b>327.510</b>
<b>Menys de 10.000</b>	<b>457.165</b>

En aquest cas, no tenim la problemàtica de l'anterior mètode i sí que es pot obtenir un valor determinat per cada comarca en funció de la població que té les poblacions que la formen. És per això, que per calcular el volum de paquets que reben en un dia, s'ha fet un recompte de quants municipis té cada comarca de cada tipus especificat en la taula anterior. Amb aquest recompte, només s'ha necessitat fer la suma de paquets que tindria cada comarca en funció de la quantitat de poblacions de cada tipus. Si aquest recompte s'agrupa en una taula, s'obté el que es pot veure a la taula B.1.7 de l'annex B.1.

Igual que en el cas anterior, per fer els càlculs exposats en la taula anterior també s'ha suposat que els mesos tenen trenta dies i que els tres mesos tenen igual duració.

Concloent el punt 3.1, com que un mètode aporta dades més realistes i creïbles que l'altre, **s'escolllirà els resultats del segon mètode per fer l'estudi econòmic.** Cal deixar palesa que el nombre de paquets rebuts al dia per comarca, és una estimació i pot ser no verídic. Tanmateix, el que s'ha fet, és agafar el mètode que proporcionava unes dades més específiques per cada comarca i que reflectia millor les diferències i característiques de cadascuna d'elles, ja que, en el primer, les dades anaven en funció de l'àmbit territorial i els resultats obtinguts no tenen tanta credibilitat com és del segon.

## 3.2 COSTOS

A continuació, un cop ja s'ha trobat un valor aproximat de paquets diaris per comarca, és hora de calcular els costos totals de cada comarca i així, poder imputar el cost pertinent per entrega.

Si s'analitza els costos que tindria fer realitat aquest treball, s'extreu que està format per tres grans despeses:

1. La retribució dels empleats.
2. L'amortització de la inversió inicial.
3. El cost de manteniment i de subministraments.

### 3.2.1 RETRIBUCIÓ DELS EMPLEATS

Una de les principals despeses que té tota empresa, és el cost en personal. En aquest cas, el personal està dividit en dos blocs: el personal dedicat a la

navegació dels UAS, en aquest cas, els pilots i, per contra, l'altre bloc és el format pel personal del centre de distribució.

Cal esmentar, que el model que s'ha escollit en relació amb al personal és un model mixt entre personal contractat i subcontractat. És a dir, el personal del centre de distribució és personal fixe que treballa per l'empresa i el personal que pilota els UAS és personal subcontractat per hores. Això és degut al fet que les operacions que s'efectuïn tenen un horari determinat i no es produiran durant tot el dia, sinó, que durant un període determinat. Per això, s'ha pensat que el millor és contractar els pilots per hores requerides de servei.

Per tant, si es vol saber quants empleats es necessiten per treballar dins cada centre de distribució el que s'ha fet és calcular-ho en funció dels metres quadrats del magatzem. De fet, per fer els càlculs s'ha suposat que es necessaria un empleat per cada  $100 \text{ m}^2$ , és a dir, el nombre d'empleats necessaris serà el resultant de multiplicar els metres quadrats que tingui el centre de distribució d'aquella comarca pel factor  $0,01 \frac{\text{pax}}{\text{m}^2}$ . El sou brut anual d'aquests treballadors és de 24000 € bruts anuals.

A això, s'ha de sumar el cost a la seguretat social que ha de pagar l'empresa el qual representa uns 7175 € anuals aproximadament. Aquest import surt de la suma de les partides de les contingències comunes (23,6% del sou), del FOGASA (0,2%), de la formació professional (0,6%) i per últim, la destinada al fons de desocupació (5,5%) (veure [29]). Altrament, a banda dels empleats encarregats de la distribució, col·locació i gestió de la mercaderia dins del centre, trobem un cap o gestor per cada centre de distribució. Ell serà l'encarregat de dirigir totes les operacions referents a la logística de l'edifici. Aquest, per realitzar l'estimació del cost, se li ha imputat un sou brut anual de 50000 €. A causa d'això, la despesa en concepte de cotització a la seguretat social per part de l'empresa és de 14950 € anuals.

Per altra banda, el cost derivat de la contractació dels serveis de pilotatge dels UAS suposaran una despesa de 15 € bruts per cada hora treballada. El cost per dia dels pilots variarà en funció de les hores operatives disponibles, és a dir, les hores en què es podran efectuar entregues i de la quantitat de UAS que tindrà sota el seu càrrec cada pilot. Per definir aquestes qüestions, s'ha seguit el consell que va oferir el fundador de l'empresa catalana Aldora Tech: el senyor Francesc Vilaplana. Francesc, com a bon expert en la matèria, entre altres consells que va donar a l'hora de fer les estimacions en la part econòmica, va traslladar que, en un futur, es poden estimar vint-i-quatre hores d'operació al dia. És a dir, que segons el seu parer, en un futur no molt llunyà, aquestes entregues es faran a totes hores. En canvi, ell, en les condicions actuals, recomana una estimació de dotze hores al dia. Per exemple, un horari de vuit del matí a vuit de la tarda. En referència al nombre de UAS per pilot, Francesc va expressar una opinió bastant semblant a l'anterior. Ell va exposar que en un futur es podran pilotar més d'un

UAS a la vegada i que tot es podrà dirigir des d'una sala de control remot. Malgrat això, actualment, s'ha d'estimar un UAS per pilot per la tecnologia que es disposa. En resum, el cost de contractació d'un pilot al dia serà d'uns 180 € bruts.

Si s'engloba tot el comentat en una taula, s'obté que el cost mensual en personal per cada comarca és el que s'observa a la taula B.1.8 de l'annex B.1. En ella, es pot visualitzar com el cost total de totes les comarques és **de 16.754.469,00 €**.

### 3.2.2 AMORTITZACIÓ DE L'INVERSIÓ INICIAL

Una altra despesa important dins l'organigrama dels costos, és l'amortització de la inversió inicial necessària per poder posar en marxa el negoci. En aquest cas, aquesta inversió inicial està formada per la compra dels UAS i de les naus que formaran els centres de distribució.

Per calcular el cost aproximat que tindrà la compra dels UAS, es requereix saber primer quants es necessiten. Per saber-ho, s'ha de tenir en compte diversos paràmetres. En primer lloc, la distància mitjana entre el centre de distribució i les altres poblacions per saber el temps que estaran de mitja per operació cada un d'ells. En segon lloc, i seguint el comentat en el primer, per saber el temps, a banda de la distància, per raons òbries, es necessita saber la velocitat. Per acabar, dos aspectes a tenir en compte que també afecten el càlcul del temps per operació és el temps de càrrega de les bateries després de cada operació i l'horari en què es podrà operar.

Anant per parts i començant per l'últim esmentat, com ja s'ha explicat anteriorment, es suposarà un horari d'operacions de dotze hores. Amb relació als altres aspectes, de nou, el fundador d'Aldora Tech ha aportat el seu coneixement per poder efectuar aquestes estimacions. Francesc va recomanar treballar amb un temps de càrrega de mitja hora, és a dir, una espera d'uns trenta minuts entre operació i operació.

Per altra banda, pel tema de la velocitat, va citar un llistat d'empreses molt similars a la seva que formen part d'aquest sector perquè es pugui comparar les característiques dels seus UAS i poder agafar un valor orientatiu. Si es mira dites empreses i la velocitat dels UAS que utilitzen, es podrà veure que el valor de 100 km/h escollit és un valor realista, ja que pertany a la franja dels valors consultats:

**Taula 3.4.** Velocitats dels UAS. Fonts: [30][31][32][33][34][35][36][37]

EMPRESA	UAS	VELOCITAT (km/h)
---------	-----	------------------

Aldora Tech	A14M	120
Wingcopter	W198	100
Wing Alphabet	Wing	104,4
Swoop Aero	Kite™	130
Zipline	Zipline	101
Regitech	Giger / Minto	54 / 110
Manna Aero	Manna Drone	128
Volansi	50 Series	112
Matternet	M2	60
Avy	Avy Aera 3	90

Amb tot el comentat, amb el nombre de viatges al dia obtingut per cada aeronau, ja es pot trobar el nombre de paquets que es poden repartir amb un dia per cada un d'ells. I, per consegüent, si es divideix aquest valor entre el nombre total de paquets per dia, el nombre de UAS necessaris per a cada comarca serà el que es pot veure a la taula B.1.9 de l'annex B.1.

Finalment, només cal afegir en referència la taula anterior, que en aquest projecte s'ha suposat que la quota de mercat inicial de l'empresa seria d'un 0,1%. Amb altres paraules, això voldrà dir que del total de paquets en moviment al dia per comarca calculat en l'apartat 3.1, es suposarà que l'empresa repartirà un 0,1% del total.

Altrament, com s'ha explicat al principi d'aquest apartat, la inversió inicial estava formada per la inversió en UAS i pels centres de distribució. Doncs bé, ara ja es coneix el nombre de UAS necessaris per poder operar, per tant, ja es té totes les dades per poder calcular el cost en aquests aparells.

Ara, toca analitzar els metres quadrats necessaris de les naus que formaran els centres de distribució. De nou, per trobar aquest valor, s'ha tingut en compte un parell de paràmetres. Per exemple, el primer que s'ha avaluat són les dimensions dels paquets que es transportaran ja que, en funció d'això, s'haurà de dissenyar les dimensions del centre. Per tant, s'ha fet el mateix que amb les velocitats i en aquest cas, per fer l'estimació, s'ha agafat el cas més restrictiu de totes les opcions possibles. Si es mira un per un els UAS de les empreses anteriors, es veurà que el Giger de l'empresa Rigitech és el que ofereix un càrrega més gran amb un màxim de 15 L. Així doncs, el valor que s'ha utilitzat per fer les estimacions i càlculs de quants  $m^2$  es necessiten, és aquest.

Un cop es sap les dimensions dels paquets, és hora de descobrir les dimensions del centre. El primer pas és convertir les unitats de les dimensions dels paquets a unitats de volum. En concret, els 15 L equivalen a  $0,015 m^3$ . Després, s'ha de resoldre les característiques del centre. (veure [38]). En aquest estudi, s'han tingut en compte la següent proposta de dimensions per fer les estimacions:

**Taula 3.5.** Característiques i especificacions dels centres de distribució. Font: pròpia.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Superfície destinada a passadisso	50% de la superfície total
Superficie destinada a:	
- Despatx del cap del centre - Oficina de control de les operacions - Sala de descans del personal	100 $m^2$
Superficie destinada a les operacions dels UAS (enlairaments i aterratges)	100 $m^2$
Marge addicional	10% de la superfície total

Resumidament, si es tenen en compte totes les estimacions i suposicions anteriors, s'extreu que els  $m^2$  necessaris per cada centre són els que es poden veure a la taula B.1.10 de l'annex B.1.

Com es pot observar en la taula anterior, aproximadament, totes les comarques tenen un valor molt similar de  $m^2$  necessaris.

Arribats a aquest punt, només queda calcular el cost total de la inversió inicial. De fet, ara el càcul és molt senzill, ja que simplement s'ha de multiplicar el cost mitjà d'un UAS pel nombre de UAS necessaris i, per altra banda, el preu del mig del  $m^2$  industrial a Catalunya pels  $m^2$  necessaris. Si segons l'informe de Metròpolis Barcelona (agència de desenvolupament econòmic) encarregat per AMB (veure [39]), el preu mitjà del  $m^2$  industrial a Catalunya es situa en 692 €/ $m^2$ . I, segons les opinions de Fernando Sanchez (enginyer de l'empresa Mars Intelligence) i del Francesc, el preu mitjà d'aquest tipus de UAS pot ser de devers uns 200 €. Per tant, el cost total de la inversió inicial per cada comarca serà el de la taula B.1.11 de l'annex B.1.

A la taula anterior, es pot visualitzar l'import inicial que aproximadament ha de fer front l'empresa per posar-se en funcionament a cada comarca i la suma del total per poder fer-ho arreu de Catalunya.

Per concloure aquest apartat, només queda explicar com s'amortitza aquest import mensualment. Com és d'esperar, aquest cost es suposa que es paga a través d'alguna via de finançament i, per tant, que s'amortitza mensualment durant un període determinat. Per això, i de nou gràcies als consells d'en Francesc, s'ha considerat que una amortització raonable pels UAS és un període de 2 anys. La vida útil dels UAS no és ni de lluny la vida útil que pot tenir el centre

de distribució. Per culpa d'això, és convenient que en un període de 2 anys ja es tingui amortitzat l'import dels UAS perquè en molts casos, aproximadament al cap 2 anys, s'haurà de fer front a la compra de moltes peces o fins i tot, d'un de nou per culpa del desgast ocasionat. L'interès d'amortització que s'ha considerat és d'un 3%.

Per acabar, si es posa el punt de mira en l'amortització del centre de distribució, s'ha agafat l'opinió del professor Bryan Salazar López, enginyer industrial i expert en logística, on en un article publicat al blog 'Ingeniería Industrial' (veure [40]) explica que en aquest tipus d'estimacions, el més comú és considerar un període d'amortització de 20 anys i un interès d'amortització de també un 3%.

Així doncs, la repercussió que tindrà aquesta inversió mensualment serà la que reflexa la taula B.1.12 de l'annex B.1.

### 3.2.3 COST DE MANTENIMENT I DE SUBMINISTRAMENTS

Per últim i no menys important, el darrer bloc de costos a tenir en compte serien els relacionats amb el manteniment i els subministraments tant dels centres com dels UAS. Com s'ha pogut observar en el subapartat anterior, tenen una vida útil molt diferent i, per tant, el manteniment també serà molt diferent l'un de l'altre. Per això, si es mira primer el manteniment que requerirà el centre de distribució, s'ha estimat que aquest serà aproximadament d'un 5% anual sobre la inversió inicial.

Per altra banda, com també ja s'ha vist anteriorment, el manteniment dels UAS serà molt més elevat gràcies a la seva vida útil. És de només dos anys i això, probablement implica que, cada any, es requereixi la substitució i reparació d'alguna peça. Per això, seguint el consell una vegada més del Francesc, s'ha considerat que suposar un 50% del cost de cada un d'ells per any en concepte de manteniment podria ser una bona estimació.

Altrament, un altre aspecte important a considerar dels UAS és el seu elevat consum elèctric. Per obtenir una estimació real i aproximada, s'ha escollit el consum del UAS que més consumeix del llistat vist prèviament en el punt 3.2.2. Aquest ha resultat ser el UAS de l'empresa Avy: el Avy Aera 3, el qual, té un consum aproximat de 1 kW cada hora. Finalment, només cal afegir que els càlculs s'han realitzat amb el preu del Kw/h del moment de la realització d'aquests. Es van dur a terme el passat 20 de Juny del 2022 on el preu màxim del kw/h aquell dia a Catalunya era de: 0,41294 € (veure [41]).

Els costs totals per comarca d'aquest bloc tenint en compte les estimacions anteriors, es poden visualitzar en la taula B.1.13 de l'annex B.1.

### 3.2.4 ANÀLISI I COST PER ENTREGA

Abans de començar amb l'anàlisi, és convenient indicar quin és el cost total mensual per cada comarca. Si es sumen els costs de cada bloc, s'obté el cost total per comarca de la taula B.1.14 de l'annex B.1 on el cost total de totes les comarques ascendeix a **16.858.682,70 €**.

Un cop analitzat tots els costs que podria tenir l'empresa a cada comarca i veure els seus costs totals mensuals, és bon moment d'agrupar tots aquests costs en un diagrama i analitzar quin pes té cadascun:

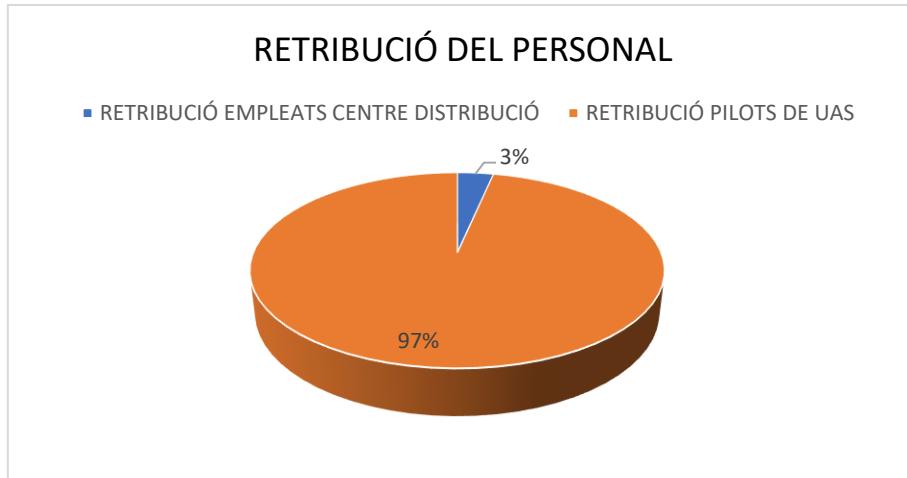


**Fig 3.1** Repartició de pesos dels diferents subcostos del cost total. Font: pròpia.

Com es pot observar en el gràfic anterior, el sou dels empleats és el principal cost a minimitzar, ja que té un pes molt important dins la suma global. En concret, té un pes d'un 93%.

Ara bé, si es desglossa els costs de cada bloc, es pot observar que el principal cost de cada bloc és:

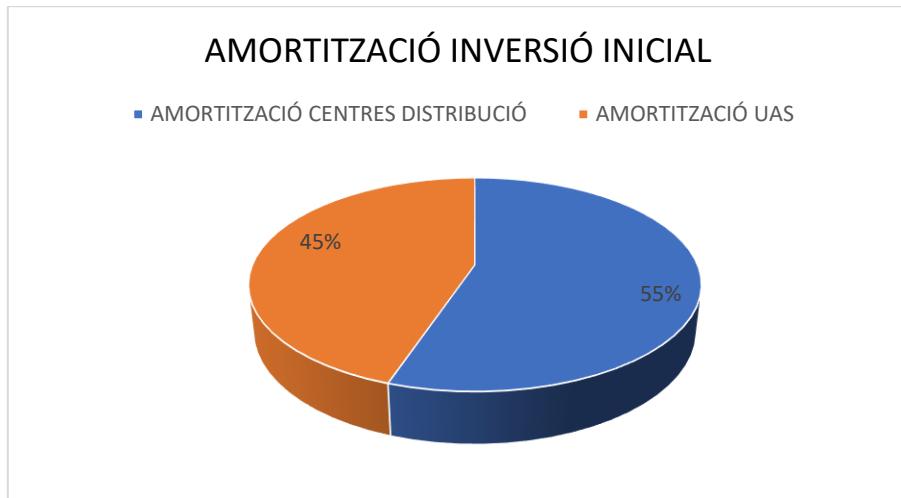
- Dins la retribució dels empleats:



**Fig 3.2.** Repartició de pesos dins de la retribució del personal. Font: pròpia.

Com es pot observar, el cost en pilots de UAS té un pes molt més gran que el que es necessita per disposar dels empleats del centre de distribució.

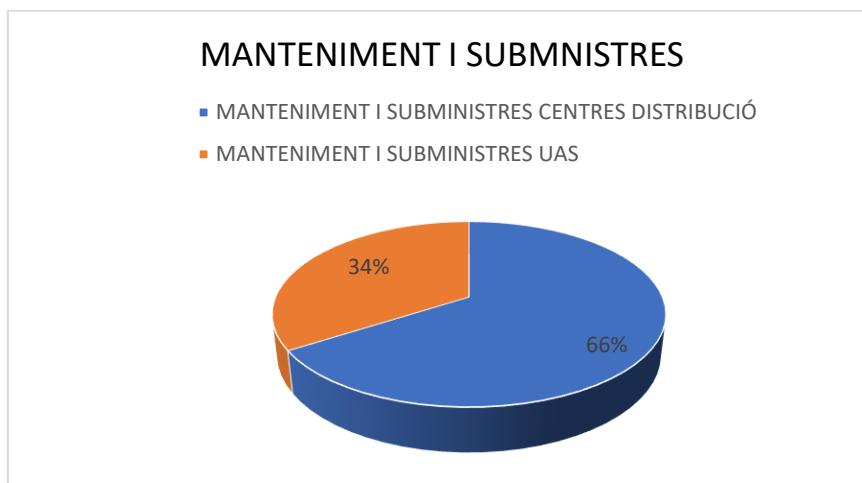
- Dins l'amortització de la inversió inicial:



**Fig 3.3.** Repartició de pesos dins de l'amortització de la inversió inicial. Font: pròpia.

En aquest cas, es pot observar com la distribució de pesos dins les amortitzacions està equilibrada i equiparada. La que té un pes més important és l'amortització dels centres de distribució amb un 55%.

- Dins el cost en manteniment i subministraments:



**Fig 3.4.** Repartició de pesos dins dels costos derivats del manteniment i els subministraments. Font: pròpia.

Un altre cop, el cost relacionat amb el centre de distribució és el que té més pes, en aquest cas, la relació de pesos queda aproximadament en què aquest, és el doble d'important que l'altre.

Finalment, arribats a aquest punt on ja es coneix el cost total per comarca i de quines despeses està format, és el moment de veure quin cost té cada entrega a cada comarca. Tots aquests costs estan es poden trobar a la taula B.1.15 de l'annex B.1.

Com es pot observar en aquesta taula, el cost per entrega oscil·la entre els 10,02 € de l'Alt Penedès i els 14,76 € del Pallars Sobirà. Com era d'esperar, aquesta diferència té relació amb la distància mitjana de les entregues ja que, a la comarca de l'Alt Penedès, els UAS hauran de recórrer uns 6,6 km de mitjana per entrega. En canvi, a la comarca del Pallars Sobirà, aquesta distància ascendeix fins als 21,49 km/entrega i això, per descomptat, repercuteix en el cost. En últim lloc, cal mencionar que el cost mitjà per entrega és de **11,81 €**.

### 3.3 INGRESSOS

Després de veure el cost que té aproximadament cada entrega, ja es pot calcular els ingressos que s'obtindran per realitzar-les.

Com es podia preveure, la principal i única font d'ingressos que es contempla en aquest treball, és la derivada del servei de transport que s'ofereix. Per calcular-ho, es pot enfocar principalment de dues maneres.

La primera consisteix a aplicar un marge de benefici sobre el preu de cost i calcular els ingressos que es derivarien d'aplicar aquest preu per entrega, el qual, seria la suma del cost més el marge. Per això, trobar els ingressos totals seria tan senzill com agafar els costos totals i aplicar-li dit marge. Per exemple si se li aplica un marge d'un 10% sobre el cost que tenen les entregues s'obtindrien uns ingressos iguals als que hi ha a la taula B.1.16 de l'annex B.1.

Per altra banda, la segona manera d'enfocar-ho, seria establint un preu per entrega en funció del valor de mercat que té aquesta entrega. És a dir, es fa un estudi de mercat i es mira a quin preu ofereix el servei la competència. En aquest cas, la competència estaria formada per tota empresa de paqueteria d'última milla, tot i que no entregui els paquets amb la mateixa tecnologia i metodologia que la que es preveu en aquest treball.

En aquest sentit, després d'estudiar i efectuar una recerca a través d'estudis e informes referents a aquest tema, com és el cas del publicat per l'empresa: Cushman & Wakefield (veure [42]), es pot assumir que el 50% del cost de l'entrega pertany a l'imputat en el transport d'última milla. És a dir, el cost que es contempla en aquest treball seria més o menys el 50% del cost total de l'entrega per la qual pagaria el consumidor. A més a més, segons l'estudi publicat per la consultora Deloitte (veure [43]), es pot assumir que el cost actual per les entregues d'última milla ronda els 2,5 €/paquet. Ells, concretament, van estudiar el cas de Madrid i el preu que tenien les entregues en aquesta població. Segurament, el cost pel cas que ocupa aquest projecte sigui més elevat en tractar-se de rutes interurbanes, però, com sempre, s'agafarà un escenari el màxim restrictiu possible i en base a assumptions realistes per realitzar les estimacions. Per tant, si s'gafa com a cost aproximat de referència els 2,5 €/entrega, s'obtenen els ingressos que es poden veure a la taula B.1.17 de l'annex B.1.

Com es pot veure en aquesta taula, si s'utilitza el cost orientatiu citat anteriorment, es pot comprovar com l'import total obtingut és molt inferior als costos totals que apareixen a la taula B.1.14. Concretament, és un **78,84%** menys respecte els costos totals.

## CAPÍTOL 4. PLA DE CREIXEMENT

Arribats a aquest punt, aprofitant el que ja s'ha estudiat en el capítol 3, és hora de profunditzar en l'estratègia d'implementació i el pla de creixement de l'empresa.

Cal esmentar que aquest pla de creixement és totalment subjectiu i a criteri de l'autor, ja que, a partir dels resultats obtinguts en el capítol 3, es poden extreure múltiples conclusions i propostes. En aquest cas, el pla de creixement proposat consisteix en un pla dividit en 3 fases en funció de la puntuació aconseguida en l'indicador IOC vist en el capítol 2.

El pla té com a finalitat la implementació de l'empresa arreu de Catalunya en una sèrie de fases que es duen a terme al cap de cert temps entre elles. De fet, aquest pla no contempla una diferència temporal entre fases molt gran atès que no tindria cap sentit que comarques contigües no es trobin en el mateix estat. Les estimacions en què es treballen contemplen un període d'entre 6 i 18 mesos entre cada una de les fases.

Si es té en compte que Catalunya està formada per 42 comarques i que es vol dividir el pla en 3 fases, surt una mitjana de 14 comarques per fase.

### 4.1 FASE 1

Si es mira la taula B.1.5 on s'exposen els resultats, es pot veure que les primeres comarques de la classificació, sense tenir en compte les marcades en groc, són les de la taula B.1.18 de l'annex B.1.

Si es situen en un mapa, la primera fase del pla de creixement busca tenir presència en el territori de la figura B.2.2 de l'annex B.2.

Com es pot observar, la majoria d'elles pertanyen al Pirineu i Prepirineu i la resta a la zona central de Catalunya.

Tenint en compte els costs vists en el capítol 3, el cost per dur a terme aquesta fase és de **6.115.100,02 €**. Es pot veure desglossat a la taula B.1.19 de l'annex B.1.

## 4.2 FASE 2

La segona fase la formarien les següents catorze comarques amb major puntuació. Són les comarques que apareixen a la taula B.1.20 de l'annex B.1.

Si un cop més, es situen en un mapa, es pot veure com ja gairebé hi ha complet la totalitat del territori. Només faltaría afegir les zones més urbanes i poblades. Això es pot observar a les figures B.2.3 i B.2.4 de l'annex B.2.

El cost total d'aquesta fase és de **5.313.428,78 €** i, de nou, es pot veure desglossat a l'annex B.1 a la taula B.1.21.

## 4.3 FASE 3

Finalment, l'última fase la formen la resta de comarques, les quals, estan formades per les comarques marcades en groc de la taula B.1.22 de l'annex B.1 que corresponen a les més poblades amb les comarques amb un IOC més baix.

El mapa de la fase 3, com no podria ser d'una altra manera, correspon a totes les comarques sobrants de les altres fases. Correspon a la figura B.2.5 de l'annex B.2.

Destaca per contenir les comarques on hi ha les capitals de província i les grans ciutats. Com a excepció, trobem les tres comarques de les terres de l'Ebre que són de les que tenen un IOC més baix.

Per últim, el cost total d'aquesta fase és de **5.430.153,90 €** que, juntament amb els costos anteriors, formen el total vist anteriorment. Si es vol veure aquest cost desglossat, s'ha de veure la taula B.1.23 de l'annex B.1.

## CONCLUSIONS

Finalment, per concluir aquest treball, només queda fer un parell de reflexions sobre els resultats obtinguts.

En primer lloc, cal recordar que en tot moment, s'ha suposat que tant la normativa com la tecnologia que envolten els UAS, està prou avançada per poder dur a terme l'activitat que vol és desenvolupar. Com bé s'ha explicat al principi del treball, en tot moment s'assumeixen les assumpcions que s'han exposat. Per tant, no és d'estranyar que, una de les primeres conclusions a la que es pot arribar, és que avui en dia, a banda de si és rendible econòmicament dur a terme aquesta activitat, es necessita que la normativa i la tecnologia evolucionin. És obvi, que si la normativa no deixa operar els UAS per les rutes establertes, sense tenir contacte visual i agilitzant els permisos, no pot ser una realitat oferir aquest servei. Per altra banda, si no s'aconsegueix un sistema de gestió del tràfic aeri prou robust i eficaç, capaç de controlar i gestionar tota mena de trànsit i a tots els nivells de vol, no es podrà aconseguir repartir paquets amb aquest mètode.

Per això, des d'aquest treball, es vol fer una menció especial per totes aquelles persones que estan investigant, dissenyant i estudiant solucions per resoldre les dues problemàtiques esmentades com per exemple el projecte de recerca CORUS-XUAM el qual el mateix autor d'aquest treball va poder participar en unes proves de gestió del trànsit aeri a la platja de Castelldefels el passat mes de març. A més, per raons òbvies, aquestes problemàtiques no s'han pogut tractar en aquest treball. Són problemes que requereixen molt esforç i hores d'investigació, de fet, es podria dir que per poder tractar aquests temes, es necessitaria fer un altre treball com aquest. Per això, des d'aquí també es vol animar que futurs estudiants segueixin aquesta tasca i investiguin la part més tècnica i operativa.

En segon lloc, en referència a la localització dels centres, cal dir que hi ha infinitat de mètodes que resolen aquesta problemàtica com s'ha pogut veure en el capítol 1. En aquest treball, s'han escollit principalment dues tipologies o maneres d'enfocar el problema. No obstant això, això no evita que hi hagi moltes altres possibles solucions i igual de vàlides que les proposades. Ara bé, no és fàcil trobar un mètode que encaixi correctament amb el problema que es tracta, ja que, el fet que tots els nodes estiguin enllaçats entre ells i que es pugui anar des d'un node, a qualsevol altre sense direccions, fa que sigui un cas especial i impossibilita utilitzar gran part dels algoritmes perquè molts estan pensats per grafs direccionals. Per aquest motiu, s'ha considerat positiu treballar amb diversos mètodes i escollir la solució més bona en funció d'un paràmetre determinat com és la distància mitjana entre el node central i la resta de poblacions.

En conclusió, el que es vol transmetre amb aquesta reflexió és la dificultat i la necessitat de simplificació que es va tenir a l'hora de resoldre el dilema de la localització dels centres. La localització dels centres juntament amb l'ordre en què es construeixen i el càlcul del nombre de paquets han estat el moll de l'os del projecte i, per tant, els principals obstacles a superar.

En tercer lloc, un aspecte a tenir en compte per poder posar en funcionament aquesta empresa, és la inversió inicial necessària per fer-ho. Com s'ha pogut comprovar, d'entrada s'ha d'aportar un import bastant elevat. A més, cada any l'empresa genera uns costos molt elevats a fer front. Per això, s'ha de plantejar molt bé l'estratègia i s'ha de començar per comarques on realment l'avantatge competitiva sigui realment elevada. Al final, s'ha d'aprofitar el model descentralitzat que es vol implantar fent que totes les comarques tinguin un centre de referència i que les distàncies d'última milla (principalment influïdes pel rang màxim d'operació dels UAS) siguin molt més baixes. Per aquest motiu, s'ha dedicat molts esforços a aquesta qüestió durant aquest treball creant l'indicador d'ordre de comarques. S'ha intentat tenir en compte tots els factors influents possibles per poder trobar una solució acurada i el màxim realista possible. En relació amb això, la solució obtinguda es creu que compleix satisfactòriament aquests requisits pel fet que, si s'obvien les comarques marcades en groc que "contaminen" la solució, es pot observar com les primeres posicions estan ocupades per comarques muntanyoses, amb una infraestructura de transport i comunicacions bastant precària, però amb una activitat econòmica bastant destacable pel tipus de comarca que és.

No cal tornar a remarcar que, al cap i a la fi, els principals beneficiaris de què el transport de paqueteria d'última milla evolucioni cap aquest model, són les zones més rurals i despoblades. Per culpa d'això, des d'aquí es vol deixar constància dels beneficis que té aquest sistema per poder lluitar contra la despoblació i la centralització de la població i la riquesa en les grans ciutats.

En quart lloc, un aspecte ha mencionar perquè quedí evidència, és la dificultat a l'hora d'obtenir informació relacionada amb el mercat de paqueteria a Catalunya. Una de les principals dificultats a l'hora de dur a terme la investigació pertinent, és la poca informació disponible en referència a la situació del mercat a Catalunya. Fet que dificulta poder fer estimacions amb dades verídiques i realistes car que la majoria de dades que s'utilitzen per fer les estimacions econòmiques, són també estimacions de la poca informació disponible. Prova d'això, és la necessitat d'estimar el nombre total de paquets que rep al dia cada comarca amb les poques estadístiques que ofereix l'IDESCAT.

Un dels motius pels quals existeix aquesta desinformació pot ser la poca estadística que realitza els principals organismes d'estadística a escala nacional i autonòmic: INE i Idescat. A més, si això se li suma la poca informació proporcionada pel mateix sector i els pocs estudis realitzats creen una conjuntura de desinformació que dificulta treballar en investigacions com aquesta.

Tanmateix, com és d'esperar, una de les raons pel qual el sector privat tampoc col·labora en aquest aspecte, pot ser el poc interès que tenen en què aquestes dades siguin públiques des del punt de vista comercial i de mercat.

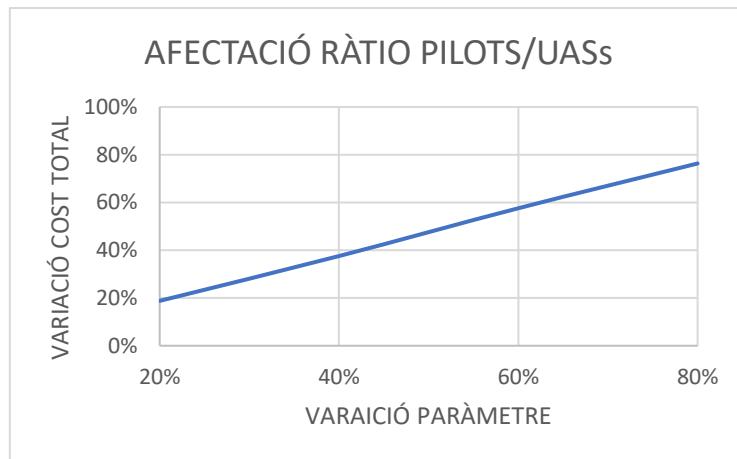
En conclusió, la reflexió més important que es vol traslladar, la qual, és la resposta a les preguntes que es plantejaven al principi del projecte, és la derivada de l'anàlisi dels resultats. Si s'analitzen tots els resultats obtinguts en el capítol 3, es pot aconseguir una visió molt clara de quin punt es troba aquesta solució avui en dia. Els resultats assolits més rellevants, són els relacionats amb les estimacions del cost per entrega de cada comarca. Aquests costos, tot i que a priori no ho sembli, transmeten molta informació.

El primer aspecte a tenir en compte, és el fet que el cost per entrega sigui tan elevat i estigui tan lluny del preu que té en el mercat amb altres mètodes de transport. Això fa, que actualment, no sigui una opció viable econòmicament. Com ja s'ha explicat, no és la primera vegada que una solució tecnològica no té èxit tot i ser una tecnologia més eficaç, ecològica i segura. Els canvis tecnològics només es produeixen si venen acompanyats d'una viabilitat econòmica al darrere. Recuperant l'exemple citat al principi sobre l'avió A380, un sistema tecnològicament molt avançat i punter pot fracassar precisament per no portar al darrere una viabilitat econòmica que li proporcioni un lloc en el mercat. Al cap i a la fi, si la tecnologia no soluciona un problema o el problema no està a l'abast de tothom, per molt bona que sigui, no s'utilitzarà, ja que, perdrà l'objectiu principal per la qual es crea.

Tot i això, s'ha de remarcar que, tot i que actualment no sigui viable, no vol dir que no ho sigui a llarg termini. De fet, si s'aconsegueix baixar aquest cost per entrega a nivells iguals, inferiors o, inclús, lleugerament superiors als actuals, pot aconseguir tenir un lloc en el mercat i acabar utilitzant-se de manera general.

Aquesta reducció es pot assolir bàsicament amb l'optimització de 3 paràmetres que afecten de manera rellevant al cost. Òbviament, l'optimització de qualsevol paràmetre involucrat en el cost total provocarà una reducció d'aquest, però, el que s'ha vist, és que els que tenen una rellevància major i una projecció i marge de millora més grans són aquests:

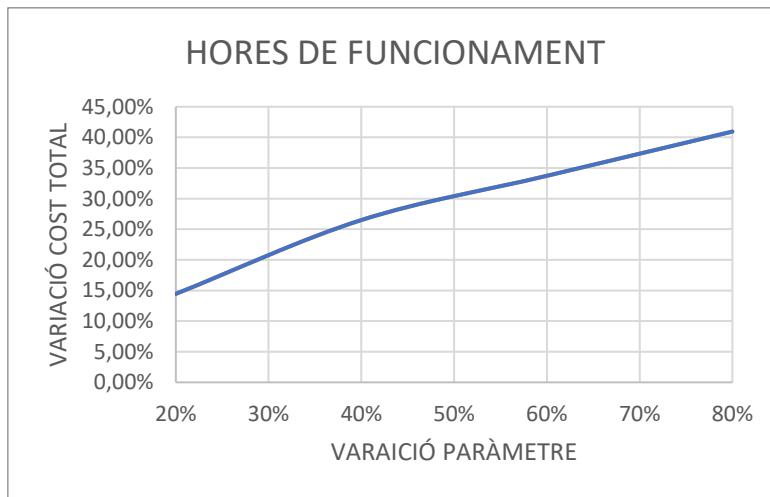
- La ràtio de pilots per UAS



**Fig 5.1** Gràfic de l'affectació de la ràtio pilots/UAS al cost total. Font: pròpia

Després la gràfica anterior, es pot afirmar que, per cada 1% que disminueix la ràtio de pilots per UAS, el cost total ho fa un 0,94% aproximadament. Per descomptat, té una influència molt elevada i per això, és la principal forma de reduir el cost. Això és degut al fet que es redueix de manera significativa el cost en personal que, com s'ha vist anteriorment, és la principal despesa que té l'empresa.

- Les hores de funcionament:

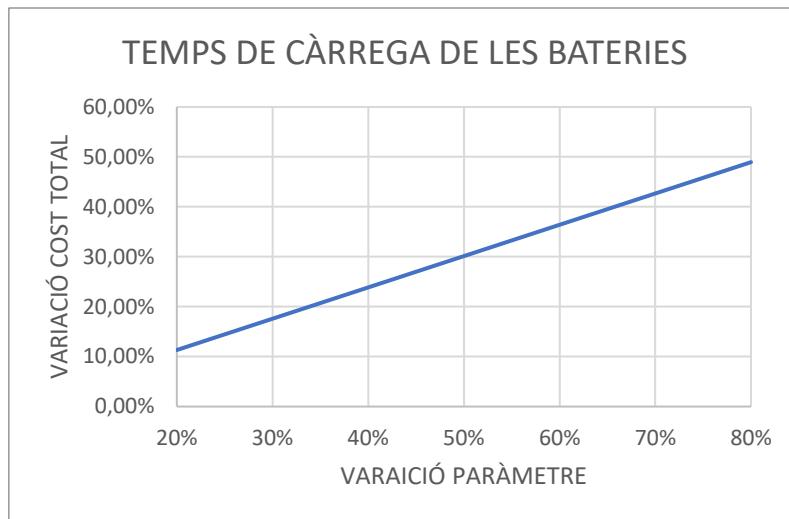


**Fig 5.2.** Gràfic de l'affectació de les hores de funcionament al cost total. Font: pròpia

Com es pot observar, les hores de funcionament també tenen una afectació molt elevada, tot i no ser, tan significativa com la de la ràtio pilots/UAS. En aquest cas, no presenta una afectació lineal com abans i no es pot obtenir una afirmació on ens indiqui la variació del cost en funció de la del paràmetre com en el cas anterior. En canvi, sí que es pot aconseguir una sèrie de conclusions a partir de la gràfica anterior. Si s'observa amb deteniment, es pot veure com té un comportament gairebé logarítmic, això és degut al fet que les hores de funcionament és un paràmetre molt present en molts càlculs i té diverses afectacions al cost total. De fet, a l'augmentar les hores de funcionament, a part de reduir el nombre de UAS necessaris, també afecta el nombre de pilots necessaris.

Val la pena aturar-se aquí, perquè en l'afectació al nombre de pilots, es troba la clau de per què la gràfica té aquesta forma. Aquest paràmetre afecta de dues maneres al nombre de pilots. Per una banda, fa reduir el nombre de pilots perquè es necessiten menys UAS per operar. Però, per l'altra, es necessiten més pilots perquè l'empresa opera més hores. Per tant, en funció del valor d'aquesta reducció deguda al descens del nombre de UAS o del valor de l'augment del cost dels pilots a causa de l'augment l'horari, la gràfica té una forma o altra. Les conclusions que es poden extreure són:

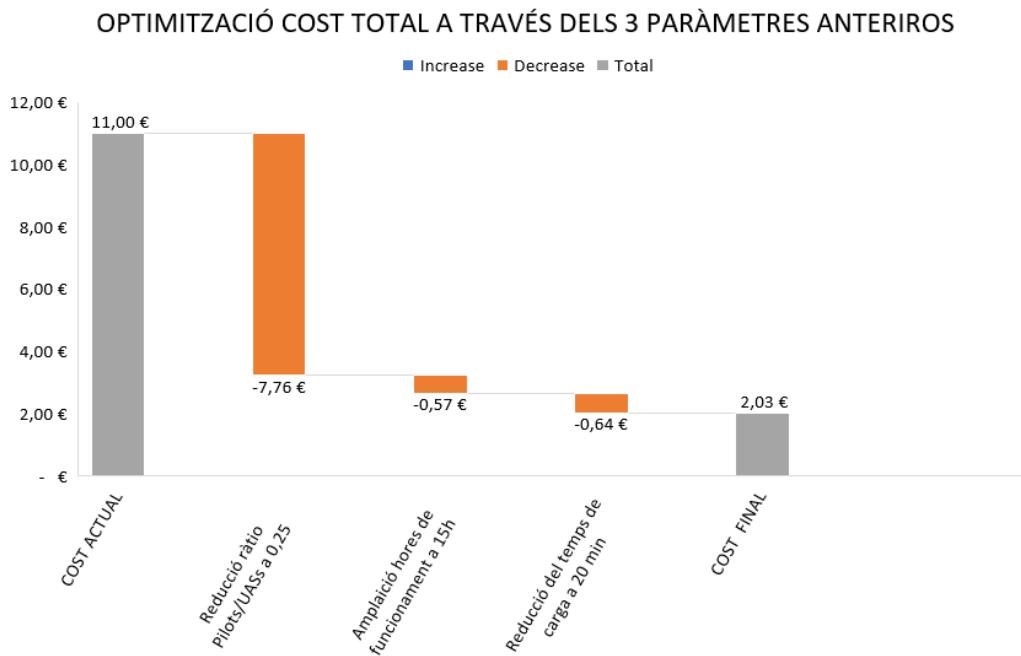
- Si la variació de les hores de funcionament és petita, la reducció de pilots pel nombre de UAS és bastant més gran que l'augment. Per tant, es redueix el cost total de manera considerable. Devers un 0,7% per cada 1% aproximadament.
- En canvi, si la variació és elevada i ja es treballa amb un horari d'operació d'unes 16 hores o més (una variació d'almenys un 40% respecte a les hores actuals), la reducció deguda al nombre de UAS és més similar a l'augment, reduint-se així la diferència entre ells. Això, provoca que el cost total no tingui una reducció tan marcada com la d'abans. La reducció és de devers, un 0,56% per cada 1% (en el cas d'un augment horari d'un 60%) i reduint-se cada poc més. De fet, si es mira la reducció del cost total en el cas de tenir un horari d'operació format per cada hora del dia, la reducció obtinguda seria del 45% aproximadament. Per tant, queda comprovat que, a partir del 40%, la reducció sobre el cost total cada vegada és menor. També cal remarcar que, això, és derivat al sistema de remuneració escollit per gaudir dels serveis dels pilots. S'hauria d'estudiar si per horaris d'operació tan grans seria més interessant utilitzar el mateix mètode que el del personal del centre.
- Temps de càrrega de les bateries dels UAS:



**Fig 5.3.** Gràfic de l'affectació del temps de càrrega de les bateries al cost total.  
Font: pròpia

En últim lloc, el temps de càrrega de les bateries té un comportament quasi lineal, de fet, el podem considerar com lineal. Aquesta aproximació fa que, per cada 1% que es redueix el temps de càrrega de les bateries, el cost total es redueixi un 0,6%.

Després d'analitzar els tres paràmetres anteriors, si s'intenta reflectir el que s'ha exposat en un exemple sobre què es necessaria per obtenir un cost similar als 2,5 € per entrega es pot observar que si:



**Fig 5.4.** Gràfic sobre l'optimització dels costos. Font: pròpia

Només reduint la ràtio de pilots/UAS a 0,25 (és a dir, passar a tenir 4 UAS per pilot), ampliant l'horari d'operacions a 15 h diàries i reduint el temps de càrrega de 30 a 20 min, ja s'obté un cost total molt competitiu i viable econòmicament.

En conclusió, el missatge que es vol traslladar és que aquesta proposta tecnològica és viable a mig i llarg termini quan es podrà optimitzar el que s'ha vist anteriorment. Per això, des d'aquí, es vol fer arribar la idea i la convicció de què, en un futur, la gran majoria dels paquets seran repartits amb UAS.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] S. Chiesa, M. Fioriti, and R. Fusaro, “MALE UAV and its systems as basis of future definitions,” *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, vol. 88, pp. 771–782, (2016).
- [2] R. Cuadrado Santolaria, “Ground control segment for UAS civil applications,” Projecte Final de Màster Oficial, UPC, Escola d’Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels, Departament d’Arquitectura de Computadors, (2011).
- [3] H. González-Jorge, J. Martínez-Sánchez, M. Bueno, and and Arias, “Unmanned Aerial Systems for Civil Applications: A Review,” *Drones*, vol. 1, p. 2, (2017).
- [4] AESA, “CONCEPTO NORMATIVO”, A-DUAS-FOR-OP01-v 3, Madrid, (2021).
- [5] M. Martínez Hernández i E. Reyes Bautista, “Marco Teórico”, Cap. 2, *Detección del Forraje Existente en Praderas con Imágenes Adquiridas por Drones*, Institut tecnològic de Huetjula, (2020).
- [6] ICARUS research Group, *UAS components*, Castelldefels, (2021).
- [7] ICARUS research Group, *Unmanned Aircraft system important terms*, Castelldefels, (2021).
- [8] OFFICE OF THE SECRETARY OF DEFENSE WASHINGTON DC, *Unmanned Aircraft Systems Roadmap, 2005-2030*, Washington, 2005).
- [9] Unitat d’Estratègia i Intel·ligència Competitiva d’ACCIÓ, *El comerç electrònic a Catalunya*, Barcelona, (2020).
- [10] INE, *El salto del comercio electrónico*, Madrid, (2020).

[11] EmpresaActual, *Situación del mercado de mensajería y paquetería*, (2021).

[12] D. R. Agüera, "EL E-COMMERCE EN ESPAÑA", Cap.6, *ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DEL E-COMMERCE EN ESPAÑA*, Universitat Politècnica de Cartagena, Cartagena, (2021).

[13] F. Robusté Antón, "Localización", Cap 2, "Sistema de distribución física", Cap. 4, "Diseño de rutas de vehículos", Cap. 5, *Logística del transporte*, Edicions UPC, (2005).

[14] CNMC, "EL MERCADO POSTAL EN ESPAÑA", Cap. 5, *INFORME ANUAL DEL SECTOR POSTAL (2020)*, (2021).

[15] A. Rovira, "AldoraTech, la startup que et porta els paquets a casa amb dron", El Nacional, Barcelona, (2022).

[16] IDESCAT, "Idescat. Anuari estadístic de Catalunya. Superfície i pendents. Comarques i Aran i àmbits", (2020).

[17] E. Estrada i P. Knight, "Classical Node Centrality" i "Spectral Node Centrality", Cap. 14 i 15, *A FIRST COURSE IN NETWORK THEORY*, Oxford, (2015).

[18] J. Martínez i I. Lisón, "Punto muerto con cálculo de costes", Econosublimes (2021).

[19] Underuca, "Estrategias de Localización". [Online]. Disponible a: [http://underucaadministracionproduccion.weebly.com/uploads/2/8/4/2/28422841/05\\_mc\\_localizacin.pdf](http://underucaadministracionproduccion.weebly.com/uploads/2/8/4/2/28422841/05_mc_localizacin.pdf)

[20] M. Garcia i Espinal, "Models matemàtics per la localització de CCU", Cap 6, *Localització de centres de consolidació urbans a la ciutat de Barcelona*, ETSEIB,Barcelona, (2021).

[21] M. Hernández Montesinos, "Estado del Arte", Cap. 2, *Localización de Ecopuntos urbanos como instalaciones semi-deseables*, Universitat de Sevilla,Sevilla, (2021).

[22] E. J. Niño Vargas y H. Lamos Díaz, "Modelo matemático para determinar la ubicación de Centros de Distribución en un contexto real", vol. 19, n.<sup>o</sup> 4, pp. 385–391, (2014).

[23] Hong, J.D., Xie, Y., & Jeong, K.Y. "Development and evaluation of an integrated emergency response facility location model". Journal of Industrial Engineering and Management, pàg. 4-21, (2021).

[24] D.Soto-De La Vega, J.Geraldo Vidal-Vieira, J. Vitoe-Toso, E. Angela. "Metodología para localización de centros de distribución a través de análisis multicriterio y optimización", Dyna, vol.81, n.184, pp.28-35, (2014).

[25] MathWorks - Creadores de MATLAB y Simulink - MATLAB y Simulink - MATLAB & Simulink, "Measure node importance - MATLAB centrality-MathWorks España", Centre d'ajuda de Matlab. [Online]. Disponible a: [https://es.mathworks.com/help/matlab/ref/graph.centrality.html#d123e53769\\_5](https://es.mathworks.com/help/matlab/ref/graph.centrality.html#d123e53769_5)

[26] MathWorks - Creadores de MATLAB y Simulink - MATLAB y Simulink - MATLAB & Simulink , "Algoritmos de gráficas y redes- MATLAB & Simulink-MathWorks España". MathWorks - Creadores de MATLAB y Simulink - MATLAB y Simulink - MATLAB & Simulink, Centre d'ajuda de Matlab. [Online]. Disponible a: <https://es.mathworks.com/help/matlab/graph-and-network-algorithms.html>.

[27] David Moreno i Carlos Ruiz, "Índex FEGP 2019 de competitivitat comarcal",pàg. 9-16, (2019)

[28] IDESCAT, " Encuesta sobre equipamiento y uso de TIC en los hogares 2017. Número de compras a través de Internet", (2017).

[29] España, Ministeri de la Presidència, Relacions amb les Corts i Memòria Democrática, "Orden n.<sup>o</sup> PCM/244/2022, Orden PCM/244/2022, de 30 de marzo, por la que se desarrollan las normas legales de cotización a la Seguridad Social, desempleo, protección por cese de actividad, Fondo de Garantía Salarial y

formación profesional para el ejercicio 2022", Boletín Oficial del Estado, n.<sup>o</sup> 77, (2022).

[30] Wing, "How it works a Wing". [Online]. Disponible a: <https://wing.com/how-it-works/>

[31] Swoop Aero, "Swoop Aero". [Online]. Disponible a: <https://swoop.aero/kite>.

[32] Infodron.es. "Zipline lanza su UAV de ala fija más veloz". [Online]. Disponible a: <https://www.infodron.es/texto-diario/mostrar/3530411/zipline-lanza-uav-ala-fija-veloz>. (2018)

[33] RigiTech - Universal Drone Logistics , "Technology - RigiTech - Universal Drone Logistics". [Online].Disponible a: <https://rigi.tech/technology/>

[34] Manna Drone Delivery, "Manna Drone Delivery". [Online]. Disponible a: <https://www.manna.aero/#HowItWorks>.

[35] DroneDJ, "Volansi unveils long-distance VOLY 50 adaptable payload drone". [Online]. Disponible a: <https://dronedj.com/2022/03/30/volansi-unveils-long-distance-voly-50-adaptable-payload-drone/>.

[36] Matternet, "Matternet".[Online]. Disponible a: <https://mttr.net/product>.

[37] Avy - Drones for good, "Avy Aera 3 - Avy - Drones for good".[Online].Disponible a: <https://avy.eu/our-integrated-solution/new-aera/>.

[38] A. M. Hualpa Zuñiga y C. A. López Bello, "Algoritmo de Dimensionamiento de Almacenes para Obras de Edificación del Sector de la Construcción", *Ingeniería*, vol. 20, n.<sup>o</sup> 2, pp. 189–208, (2015).

[39] Naus i Solars - Àrea metropolitana de Barcelona, "Naus i Solars - Àrea metropolitana de Barcelona".[Online].Disponible a: <https://nausisolars.amb.cat/Indicadors> .

[40] B. Salazar López, "Dimensionamiento de almacenes ", Ingenieria Industrial, (2019).

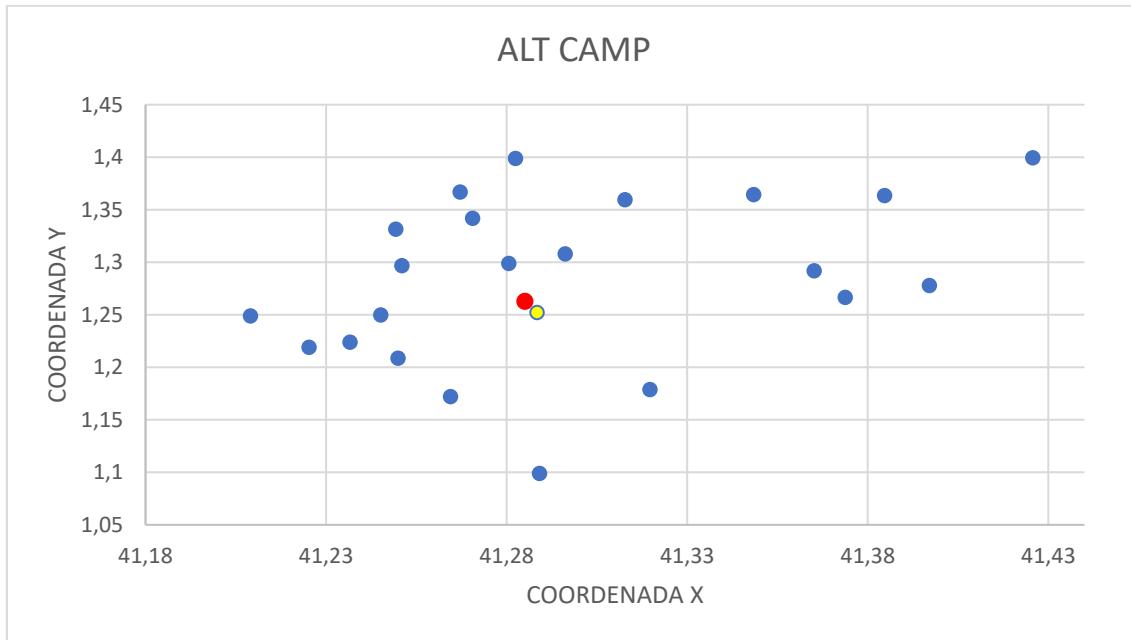
[41] L. Vanguardia. "Precio de la luz del lunes 20 de junio de 2022", La Vanguardia, (2022).

[42] Issuu, "Last Link - Quantifying the cost". [Online]. Disponible a: [https://issuu.com/cushwake\\_be/docs/cus42002904\\_last\\_link\\_report\\_v17](https://issuu.com/cushwake_be/docs/cus42002904_last_link_report_v17).

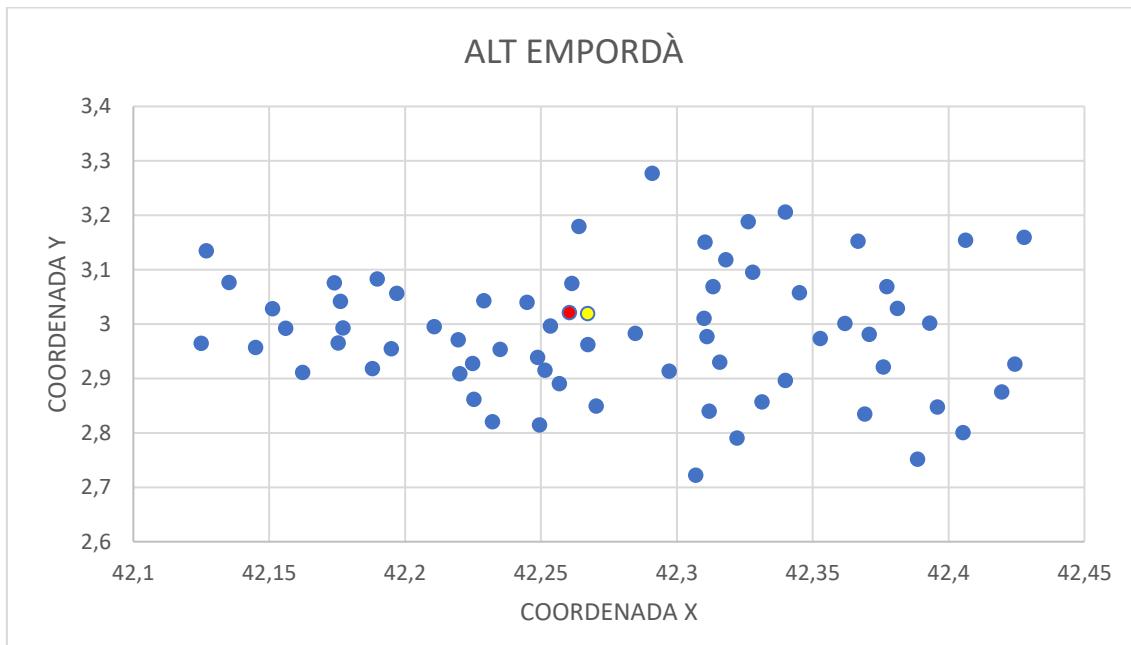
[43] V.Segura, A. Fuster i F. Antolín, "Logística de última milla: Retos y soluciones en España", Deloitte, pàg. 1-65, (2020).

## ANNEX A

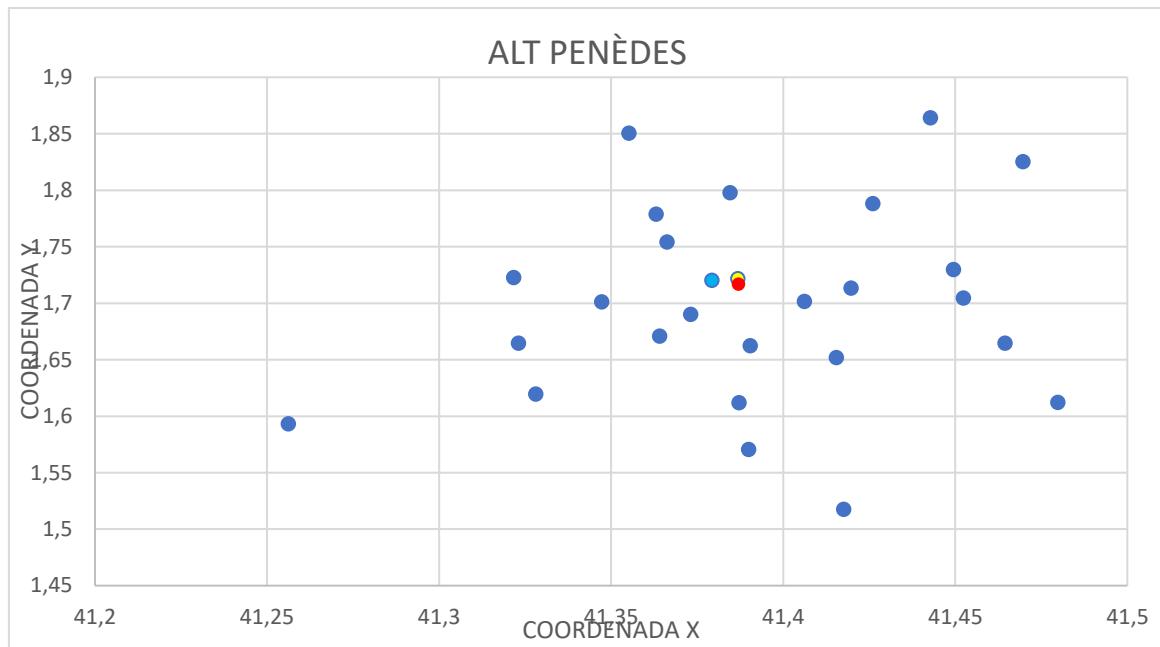
### A.1 CENTRE DE GRAVETAT



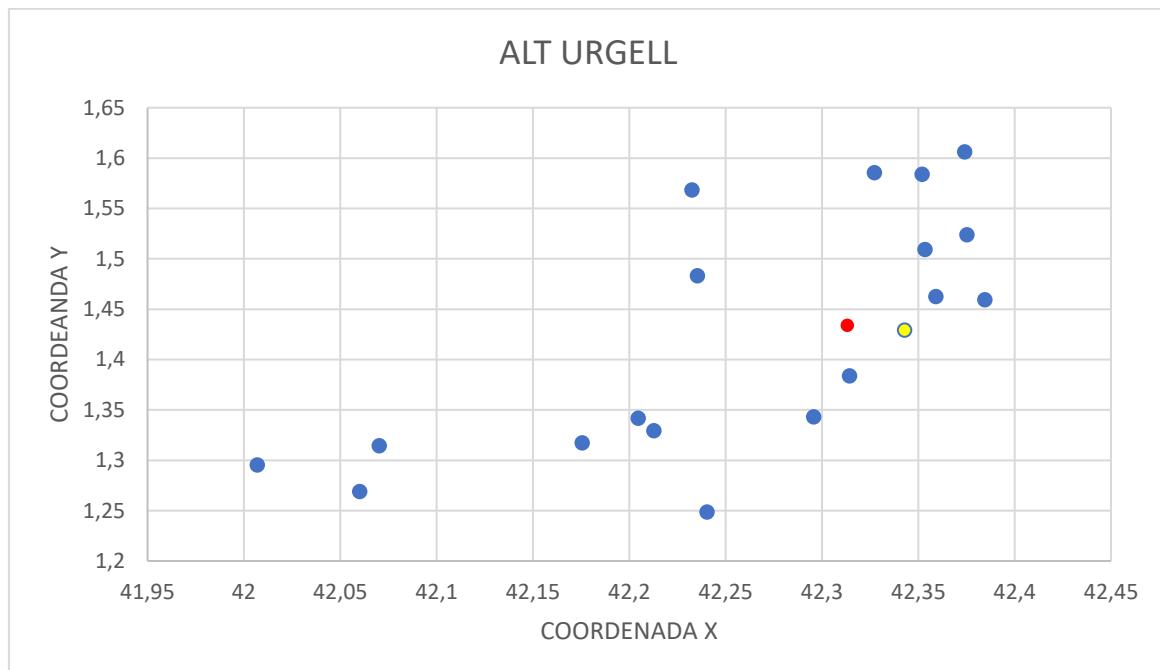
**Fig A.1.1.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Alt Camp. Font: pròpia.



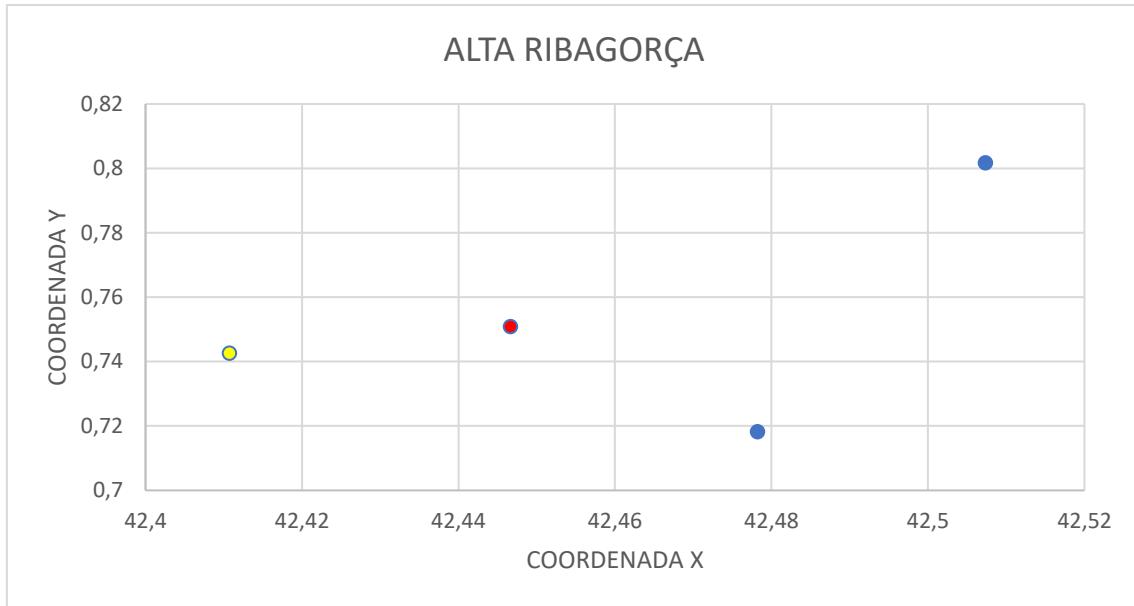
**Fig A.1.2.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Alt Empordà. Font: pròpia.



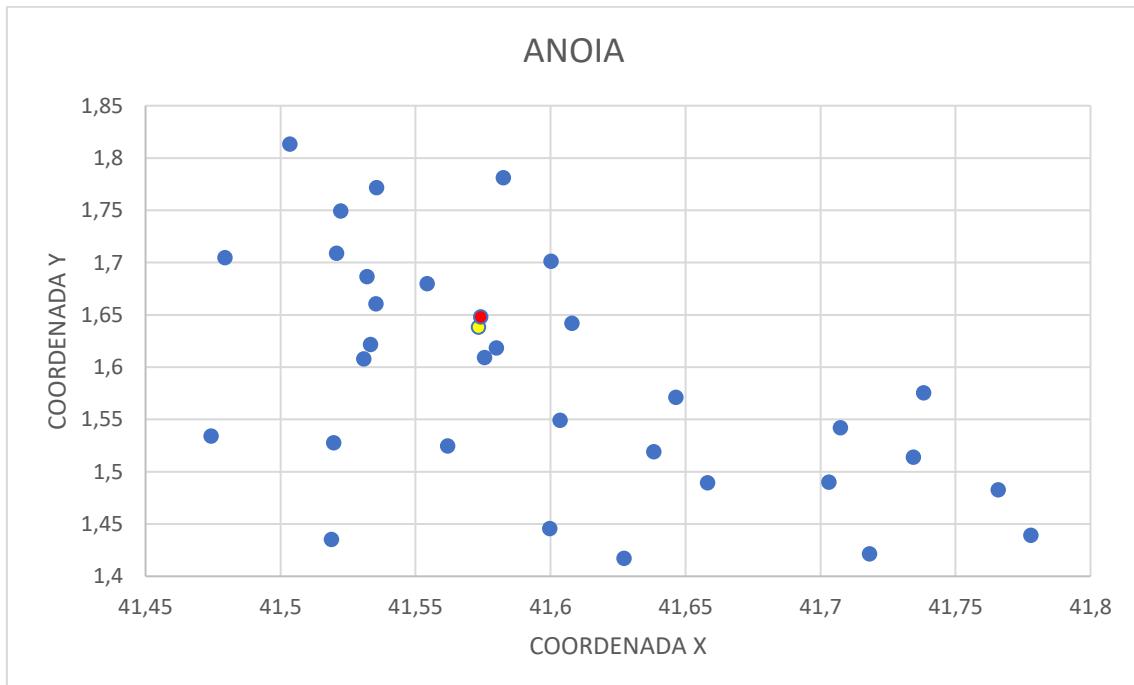
**Fig A.1.3.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Alt Penedès. Font: pròpia.



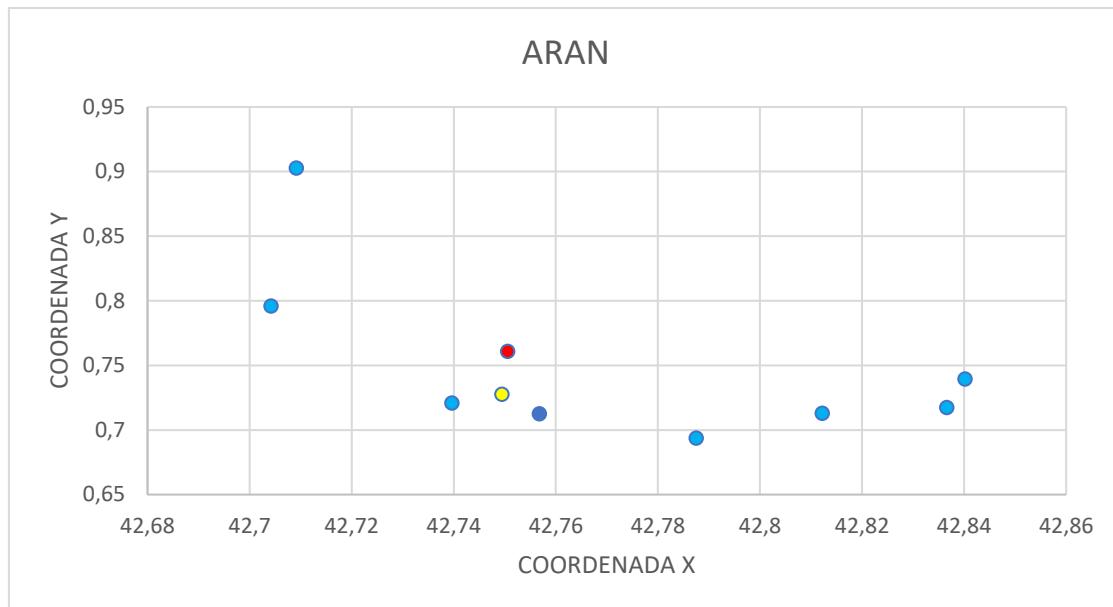
**Fig A.1.4.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Alt Urgell. Font: pròpia.



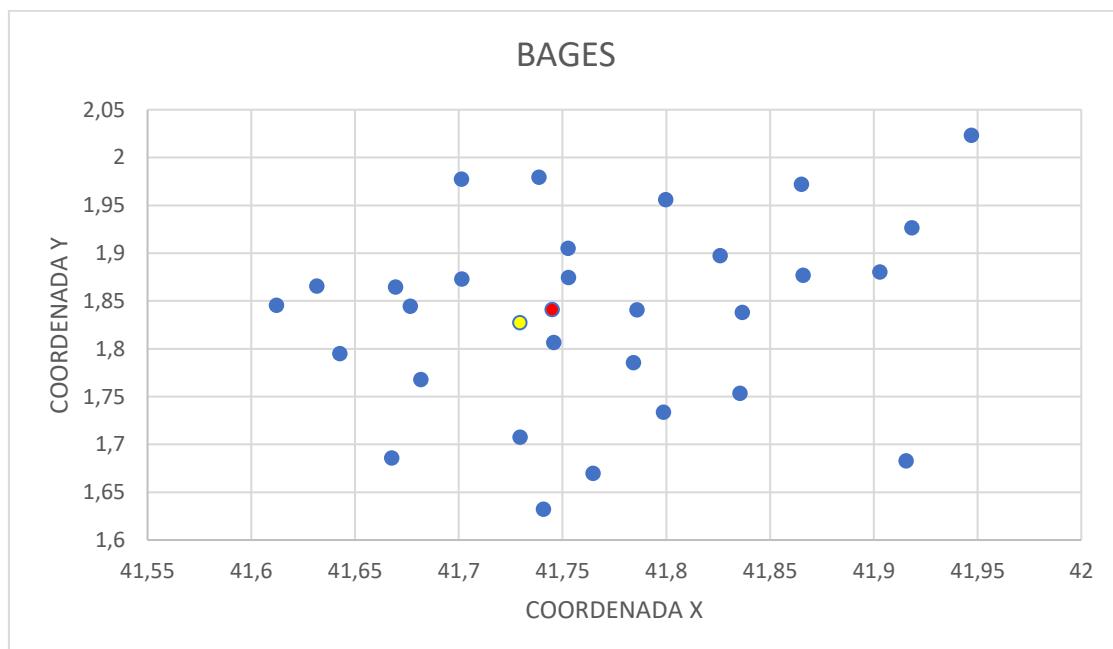
**Fig A.1.5.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Alta Ribagorça. Font: pròpia.



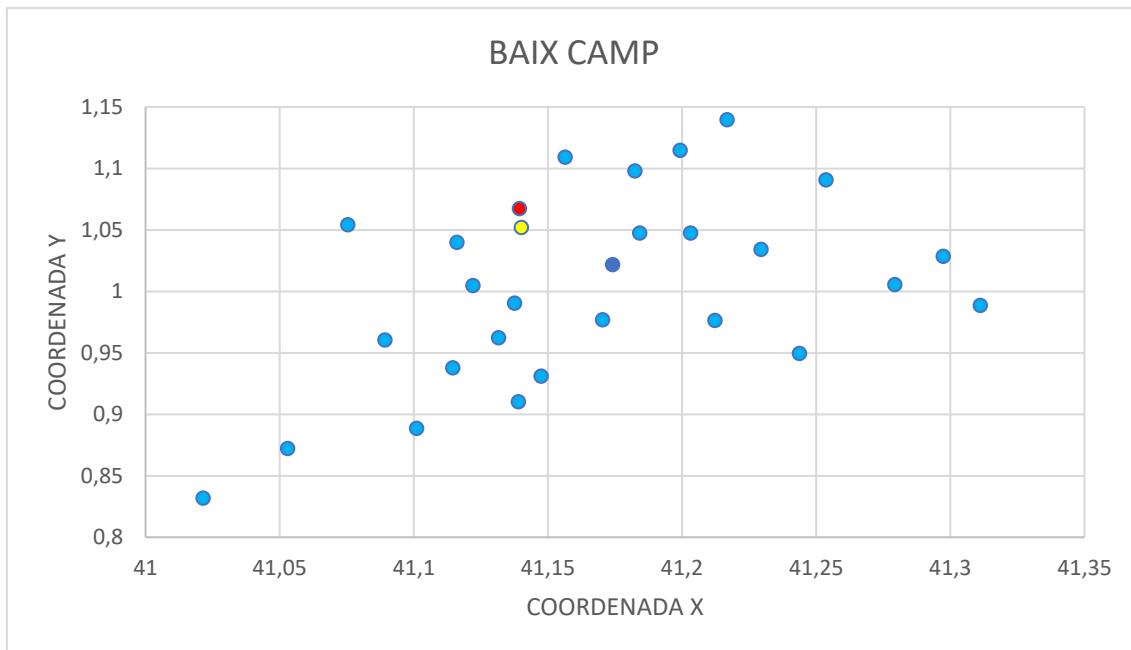
**Fig A.1.6.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Anoia. Font: pròpia.



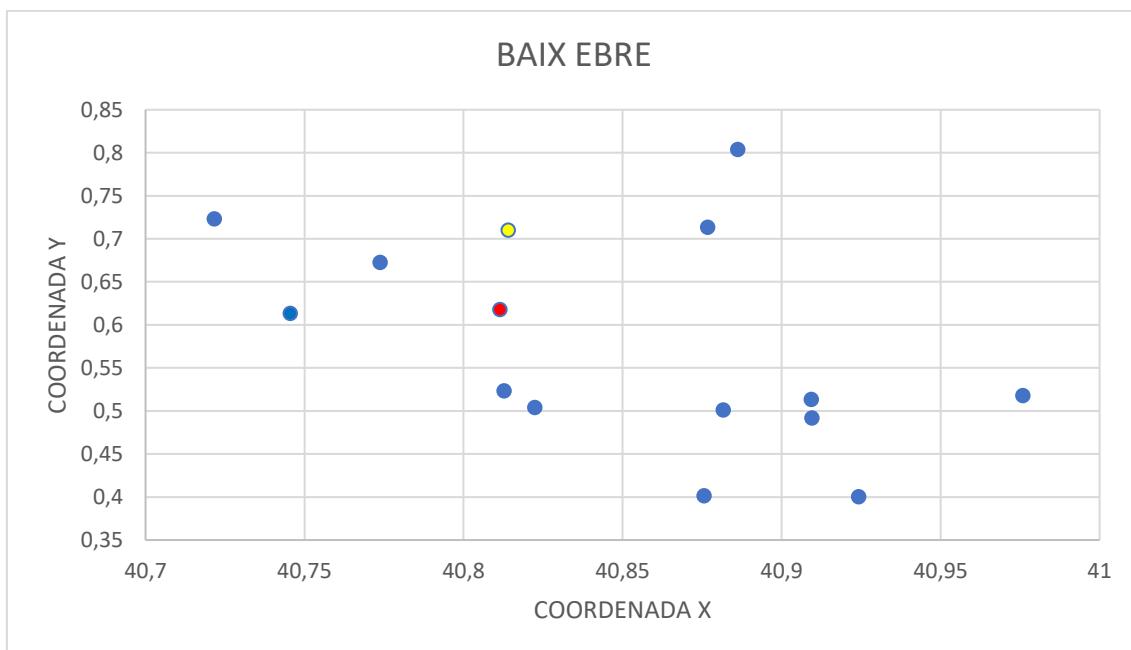
**Fig A.1.7.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Aran. Font: pròpia.



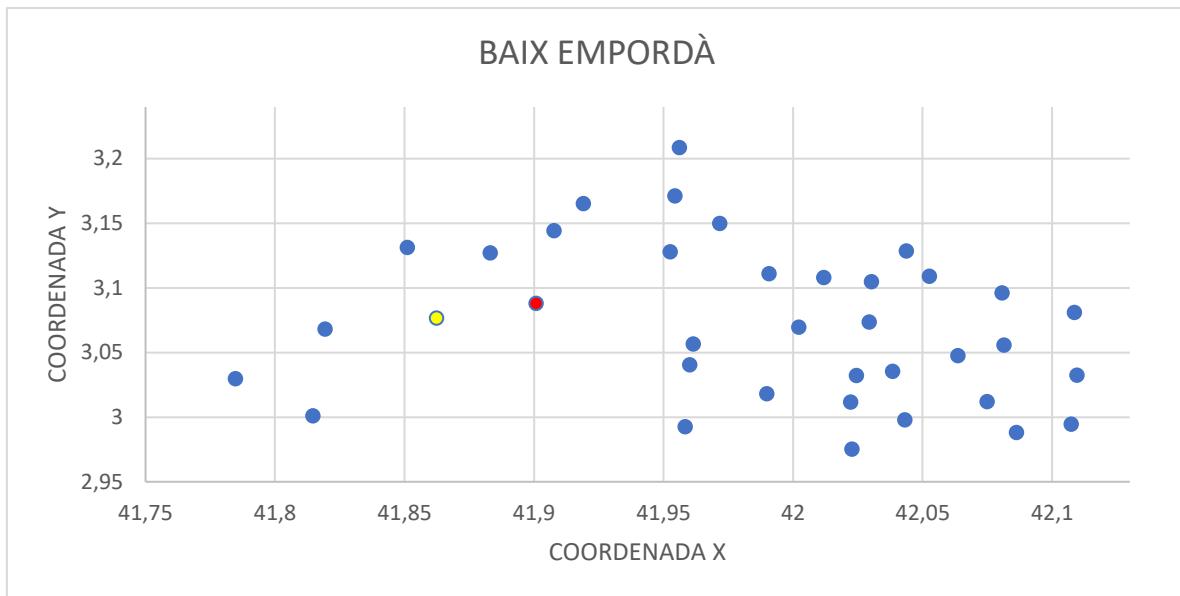
**Fig A.1.8.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Bages. Font: pròpia.



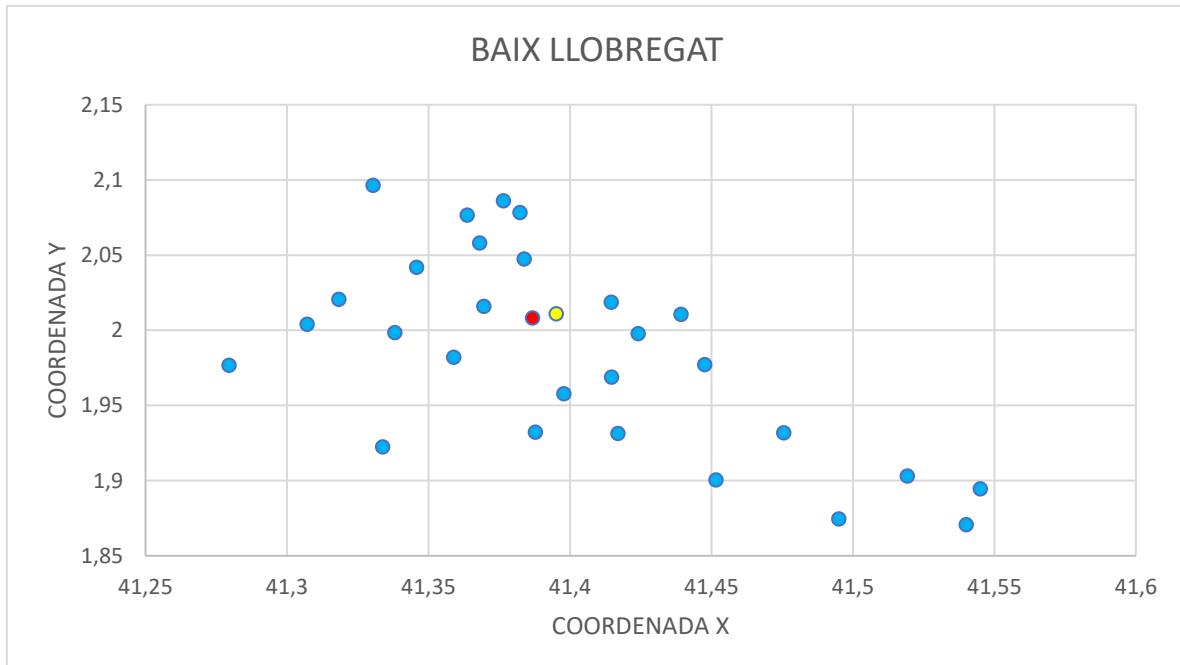
**Fig A.1.9.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Baix Camp. Font: pròpia.



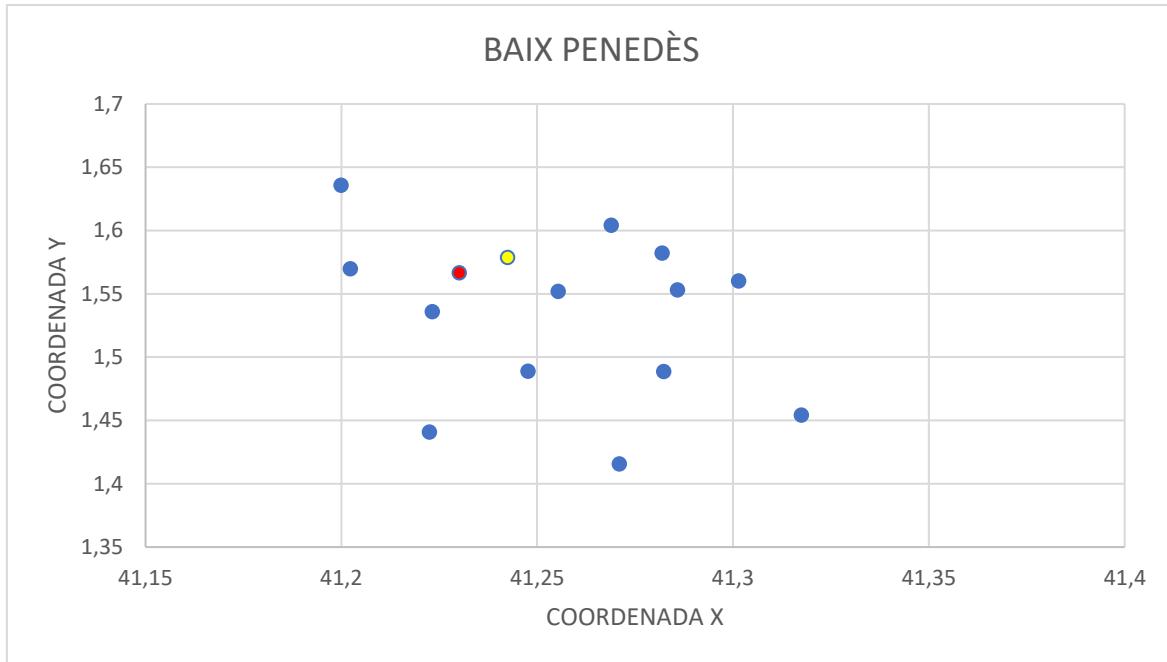
**Fig A.1.10.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Baix Ebre. Font: pròpia.



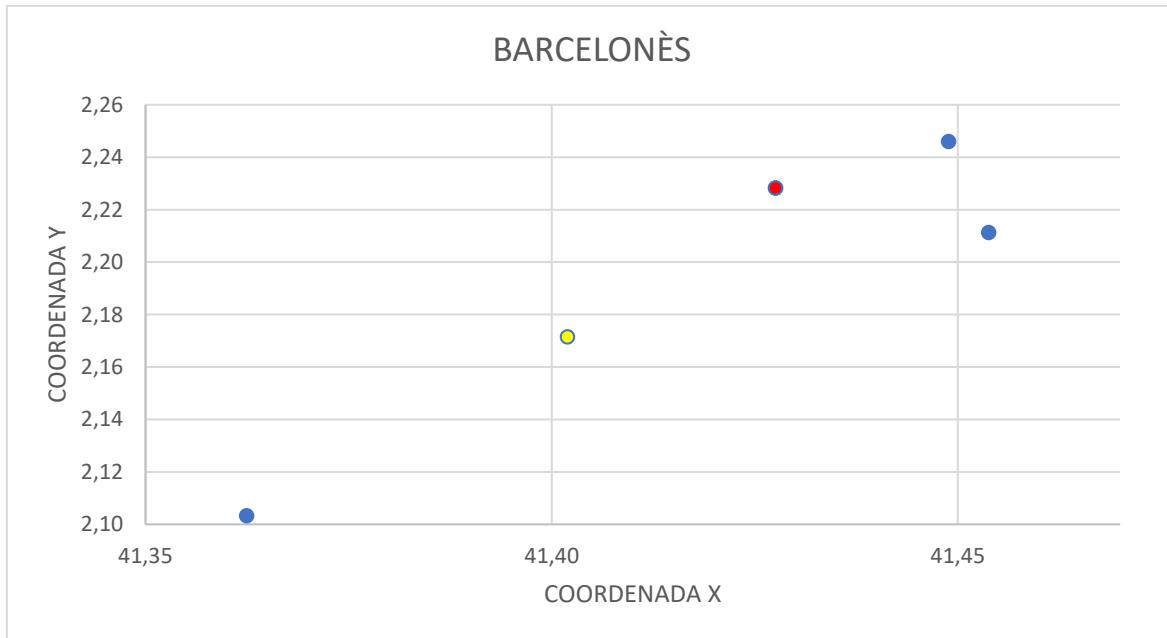
**Fig A.1.11.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Baix Empordà. Font: pròpia.



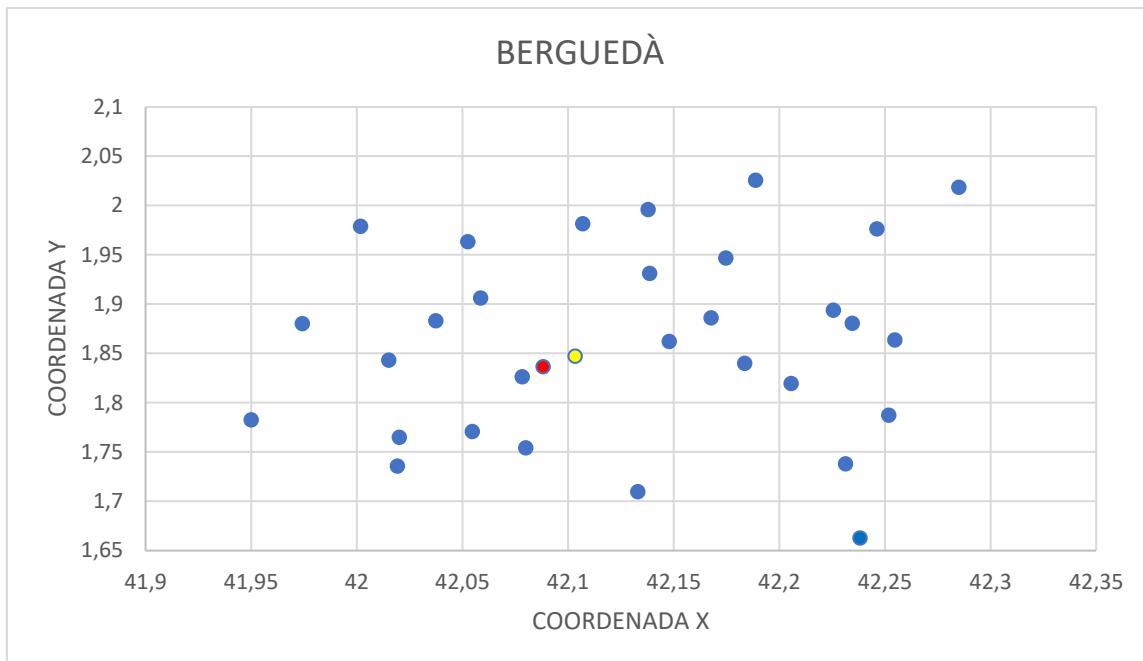
**Fig A.1.12.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Baix Llobregat. Font: pròpia.



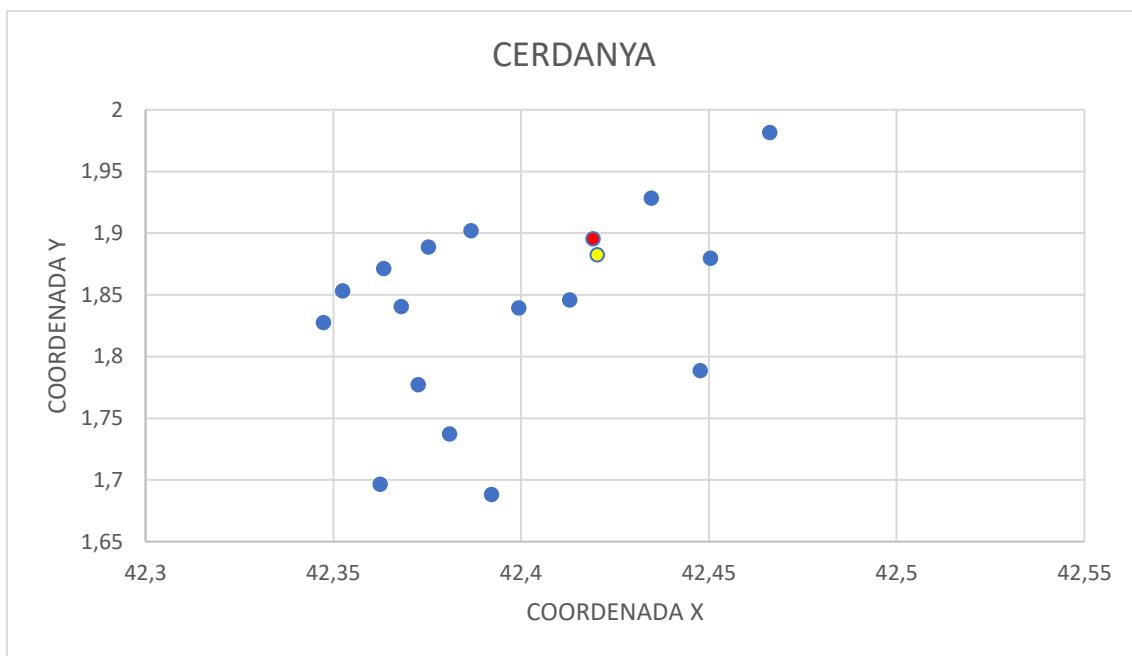
**Fig A.1.13.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Baix Penedès. Font: pròpia.



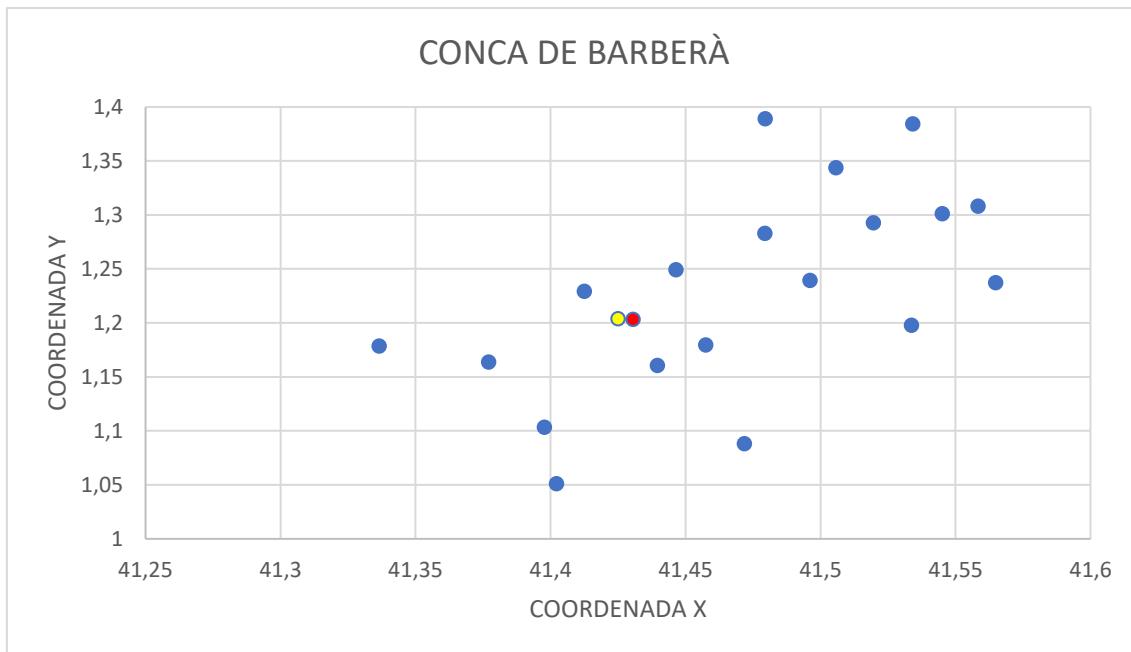
**Fig A.1.14.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Barcelonès. Font: pròpia.



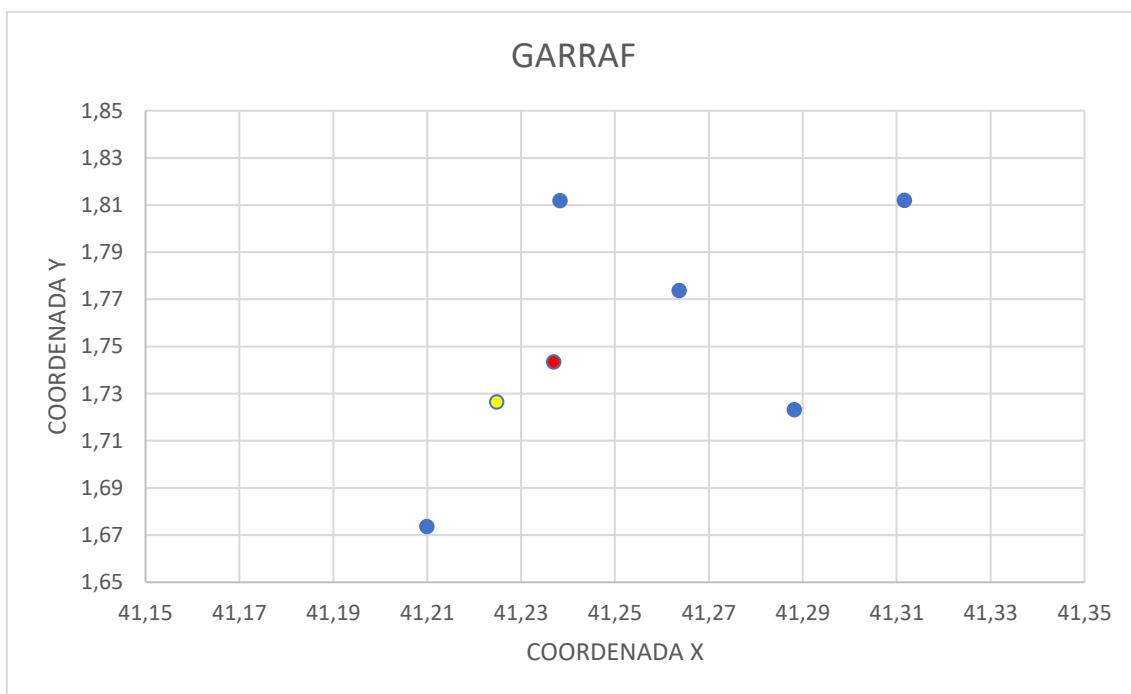
**Fig A.1.15.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Berguedà. Font: pròpia.



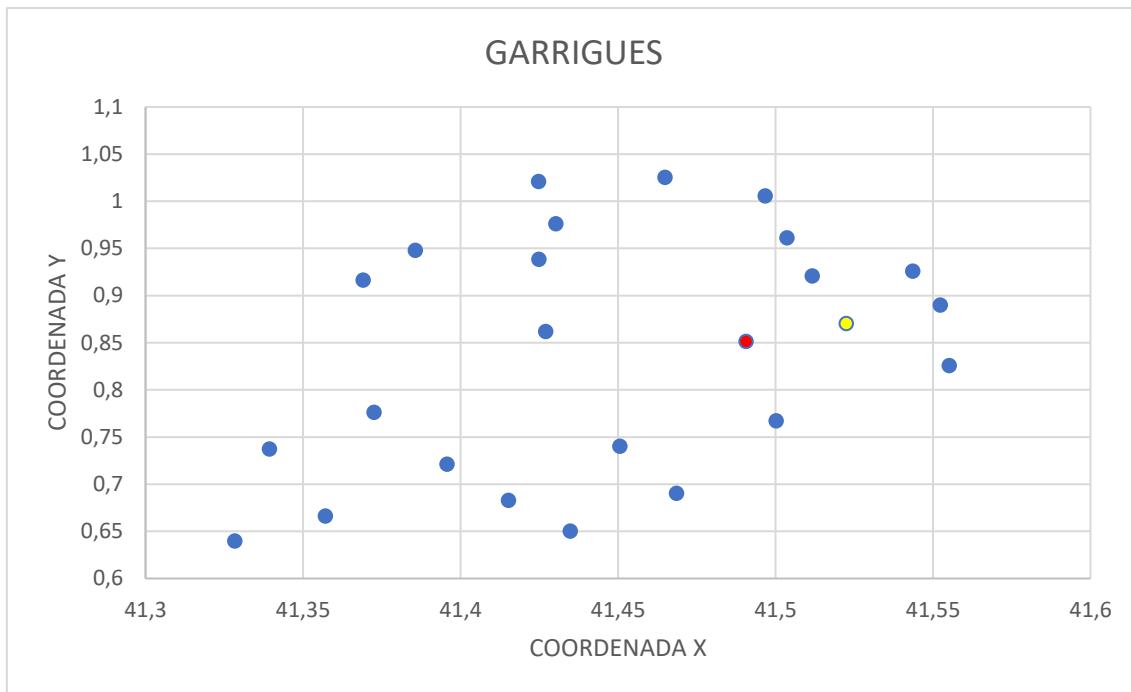
**Fig A.1.16.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de la Cerdanya. Font: pròpia.



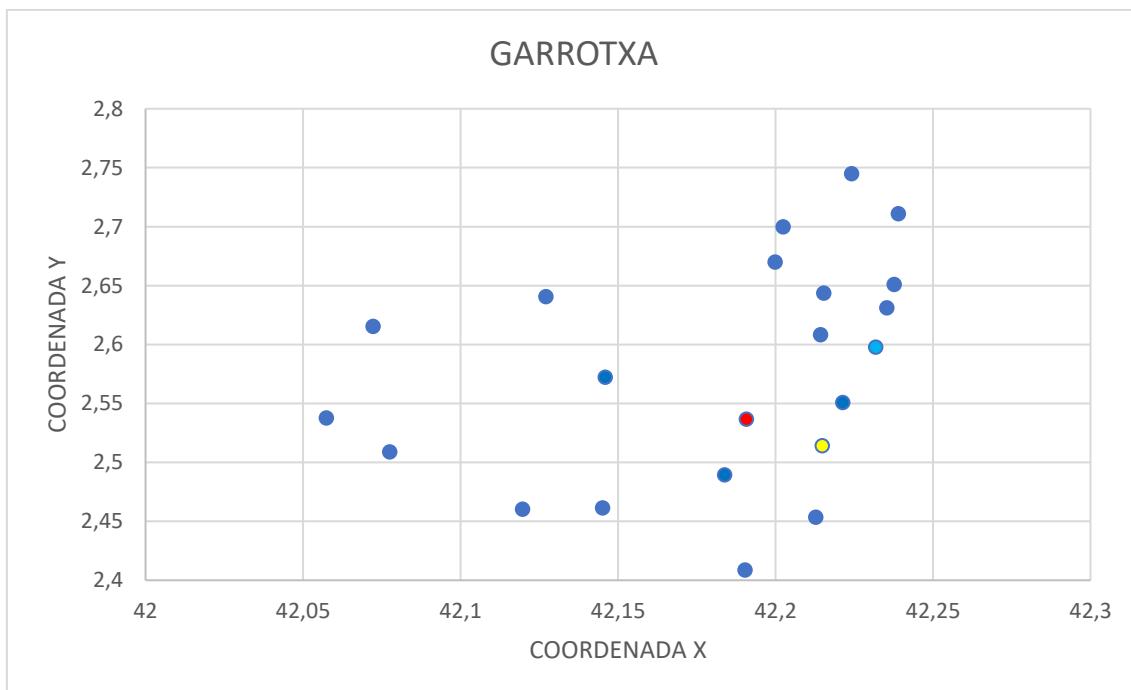
**Fig A.1.17.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de la Conca de Barberà. Font: pròpia.



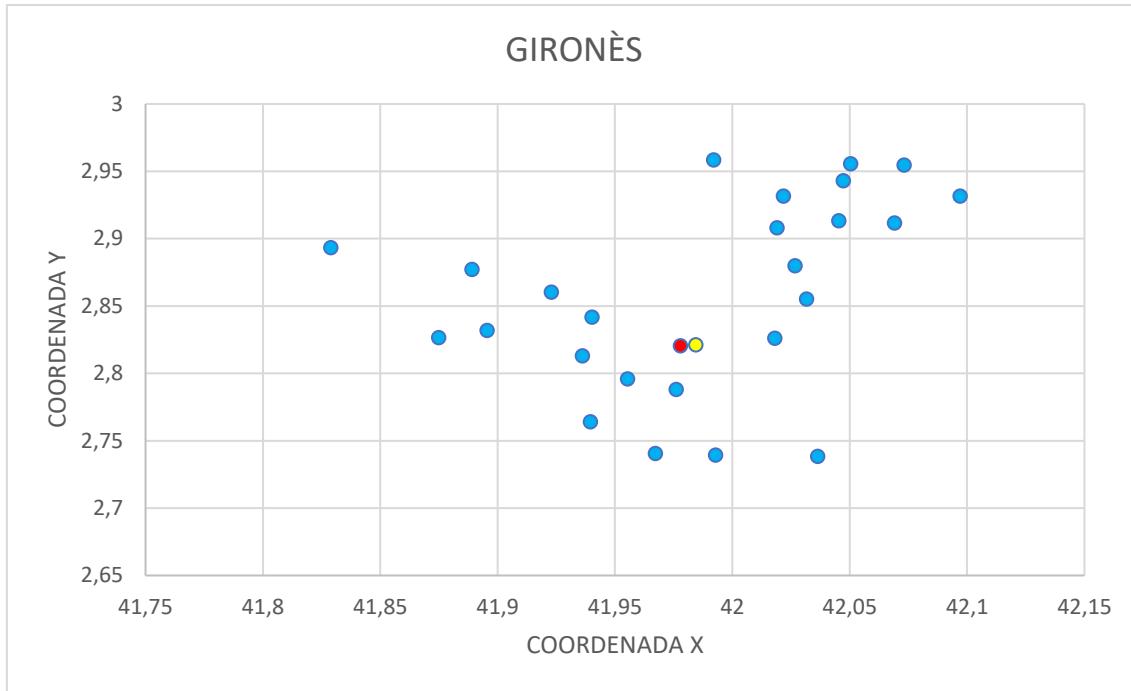
**Fig A.1.18.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Garraf. Font: pròpia.



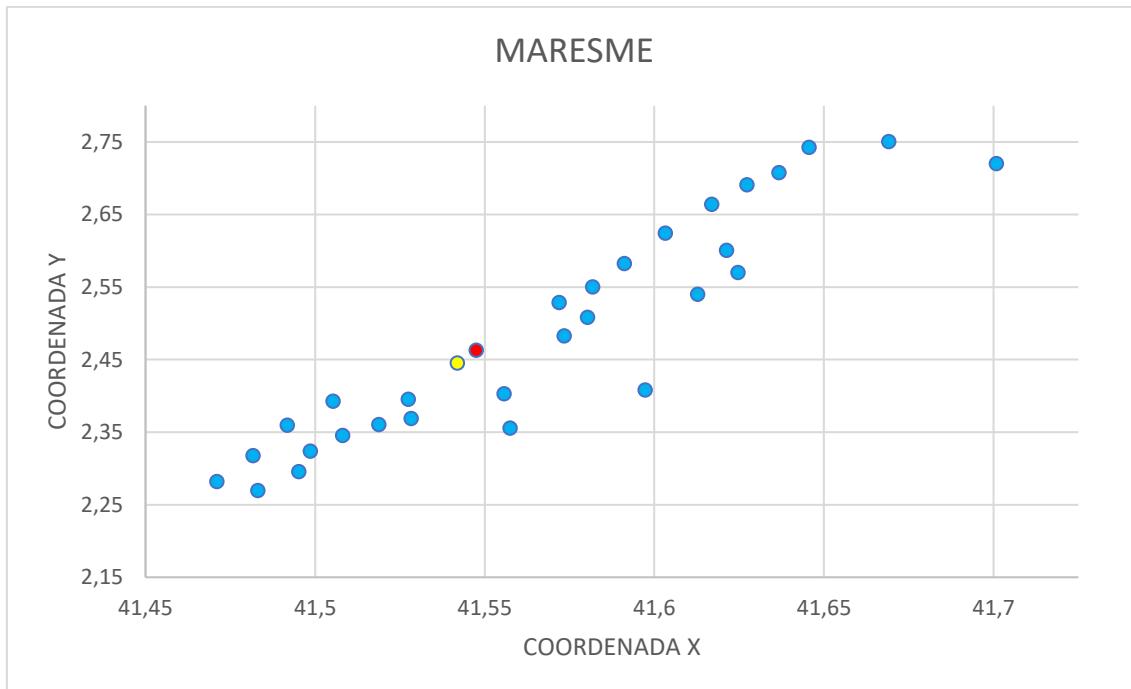
**Fig A.1.19.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de les Garrigues. Font: pròpia.



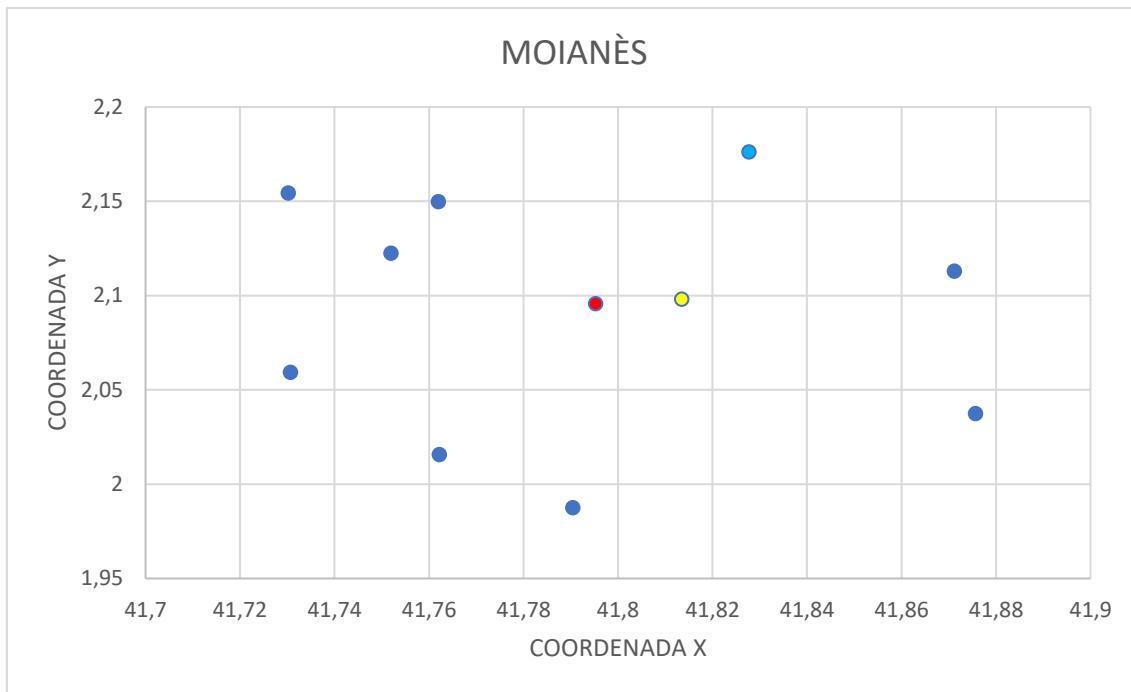
**Fig A.1.20.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de la Garrotxa. Font: pròpia.



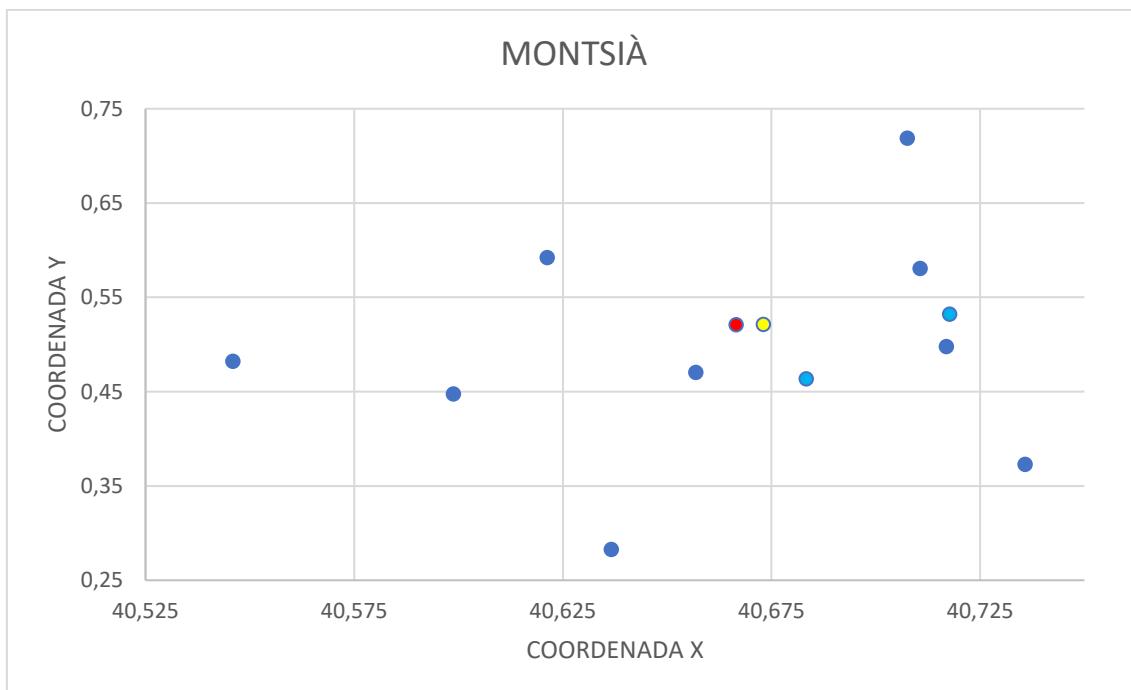
**Fig A.1.21.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Gironès Font: pròpia.



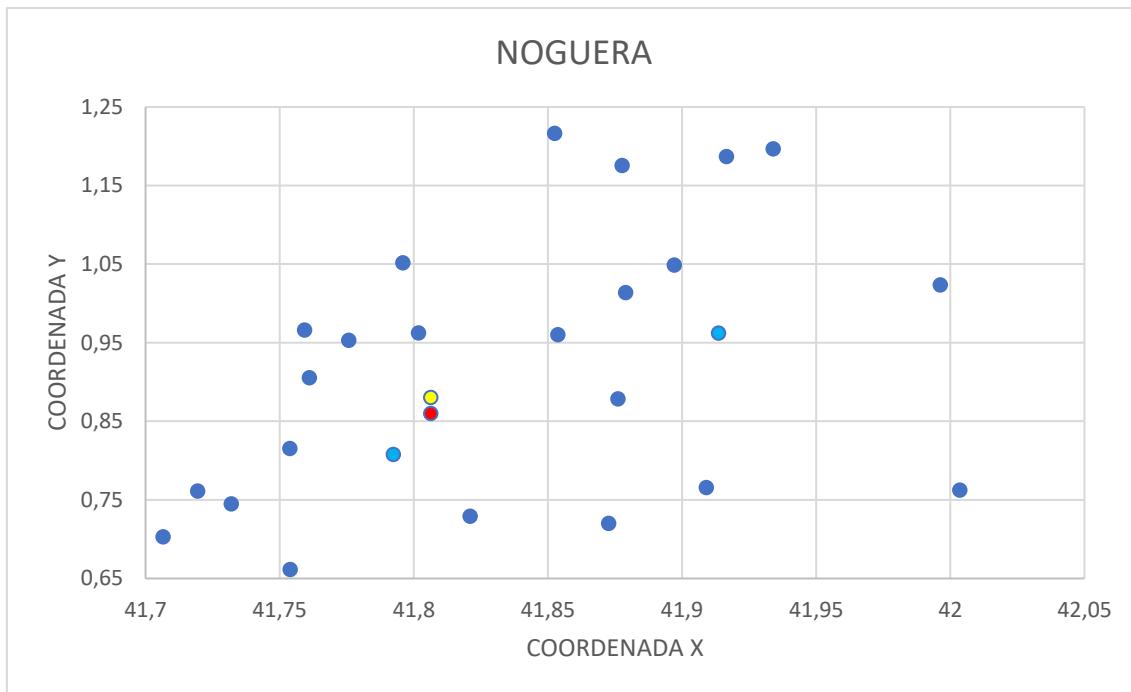
**Fig A.1.22.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Maresme. Font: pròpia.



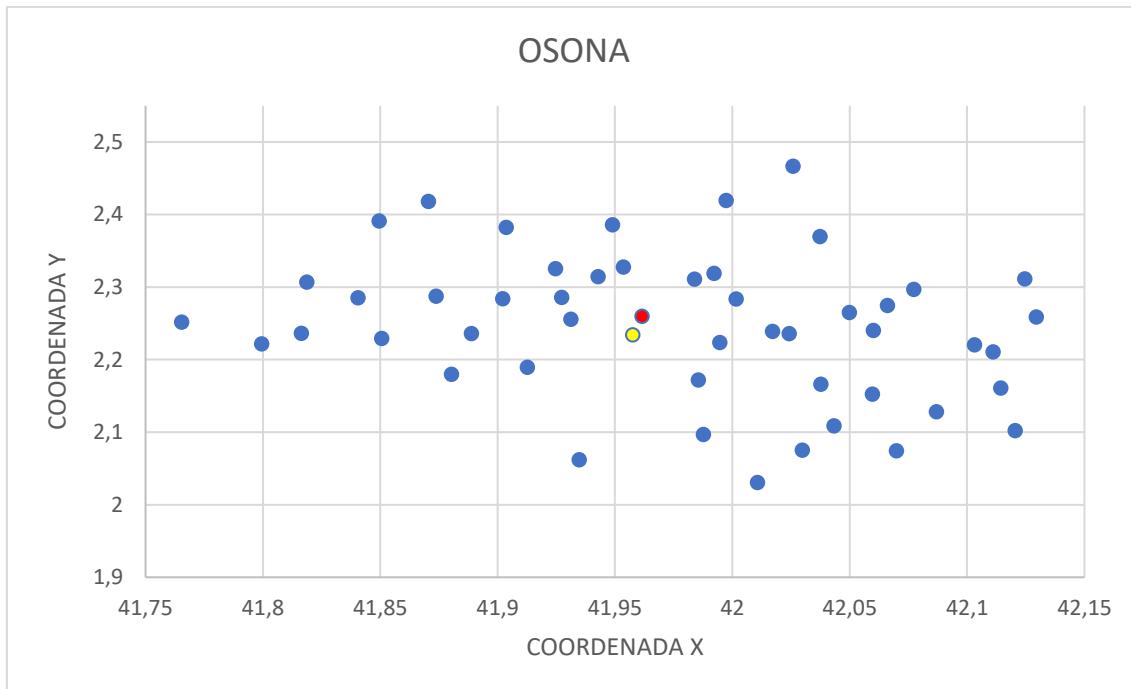
**Fig A.1.23.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Moianès. Font: pròpia.



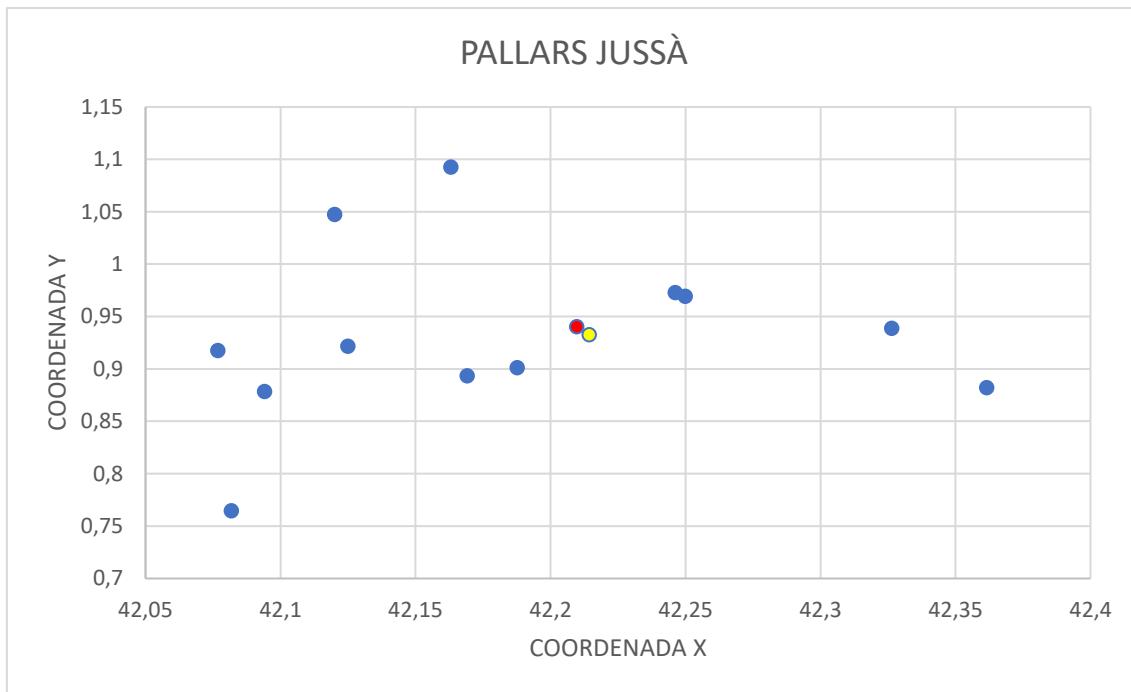
**Fig A.1.24.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Montsià. Font: pròpia.



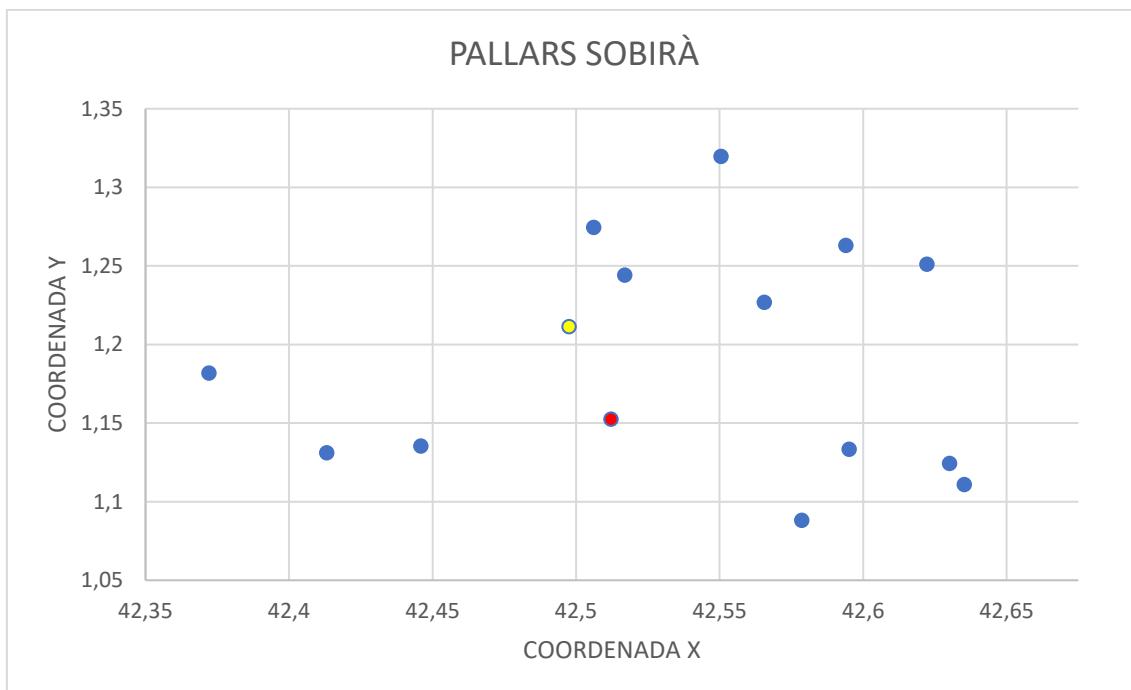
**Fig A.1.25.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de la Noguera. Font: pròpia.



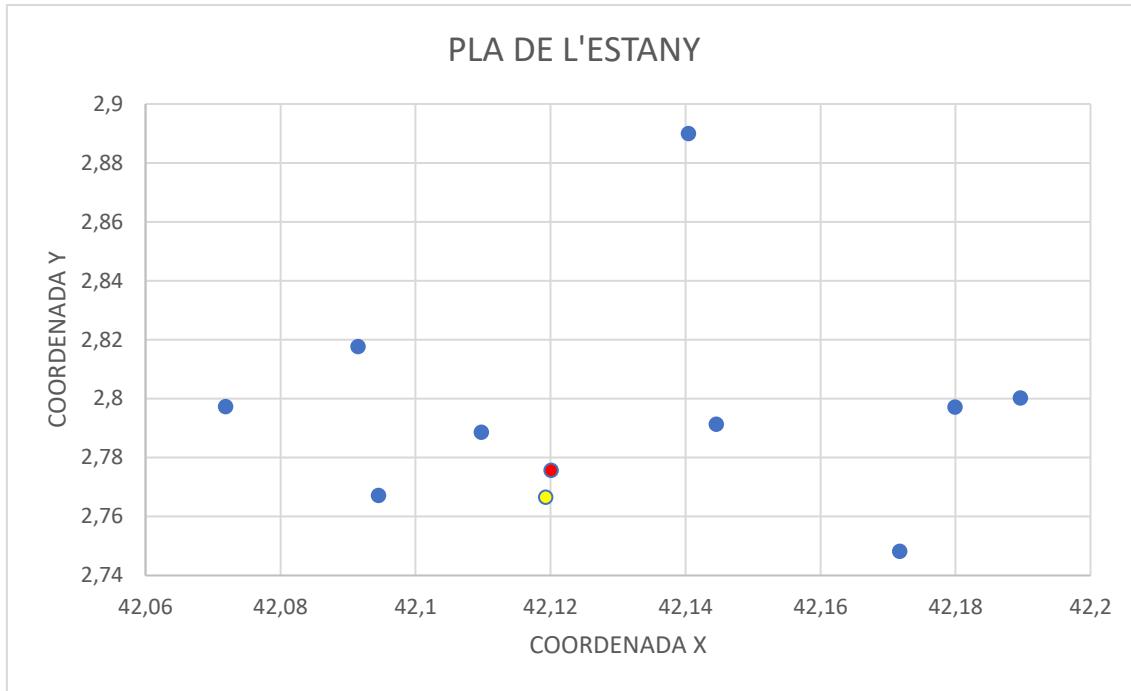
**Fig A.1.26.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca d'Osona. Font: pròpia.



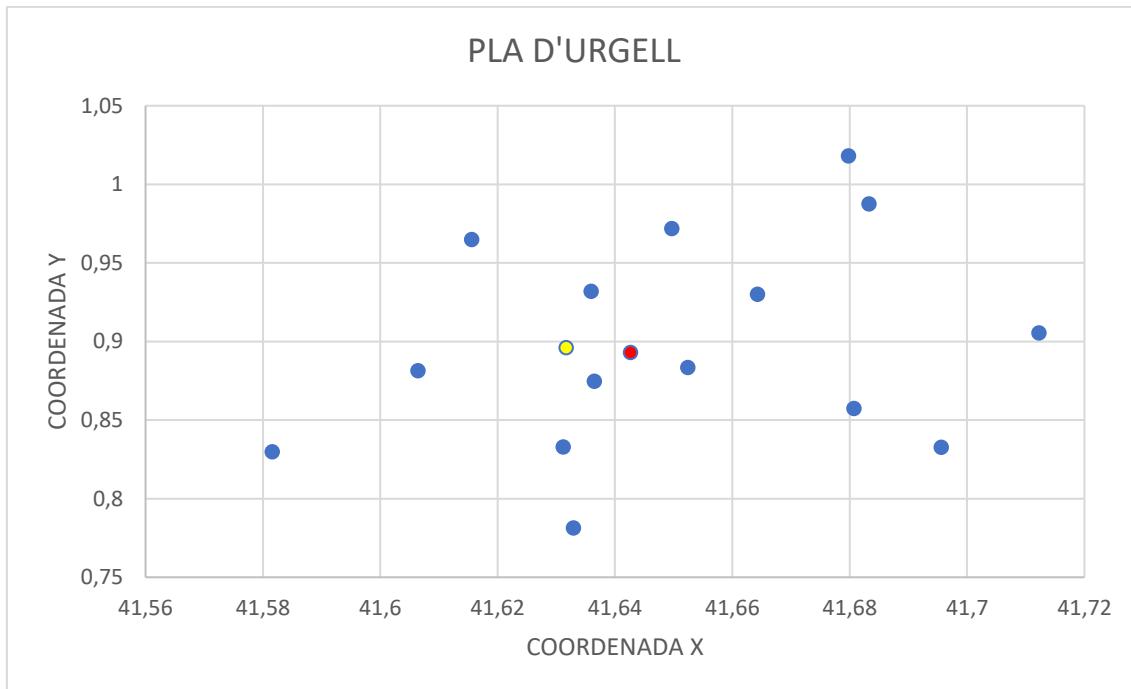
**Fig A.1.27.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Pallars Jussà. Font: pròpia.



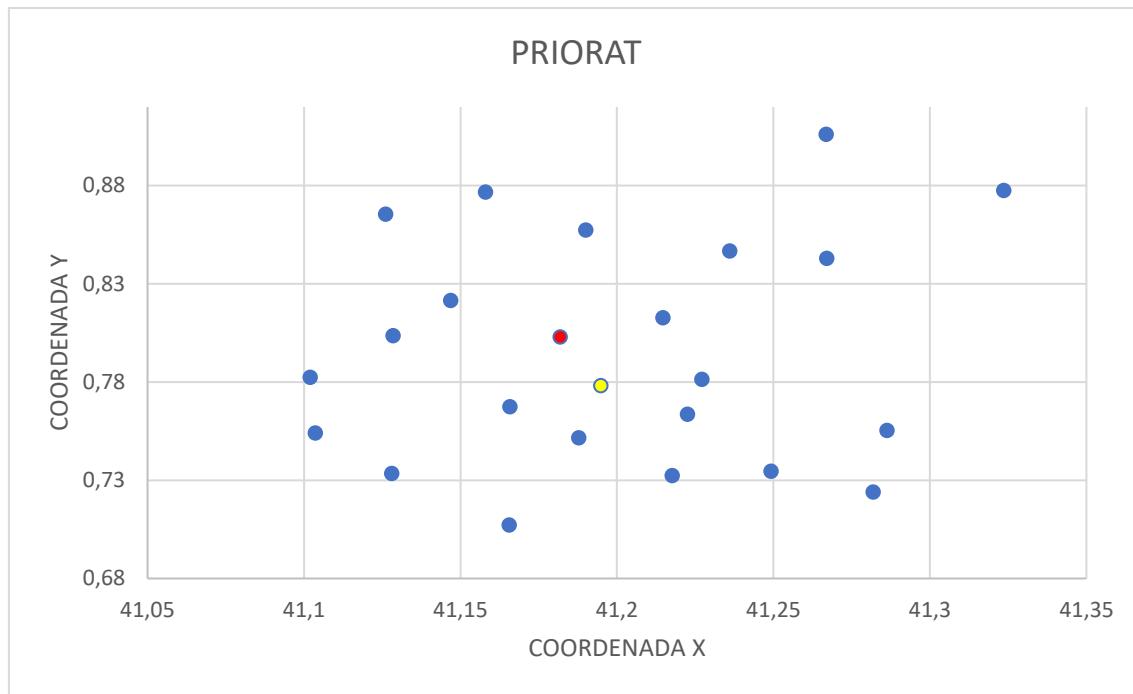
**Fig A.1.28.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Pallars Sobirà. Font: pròpia.



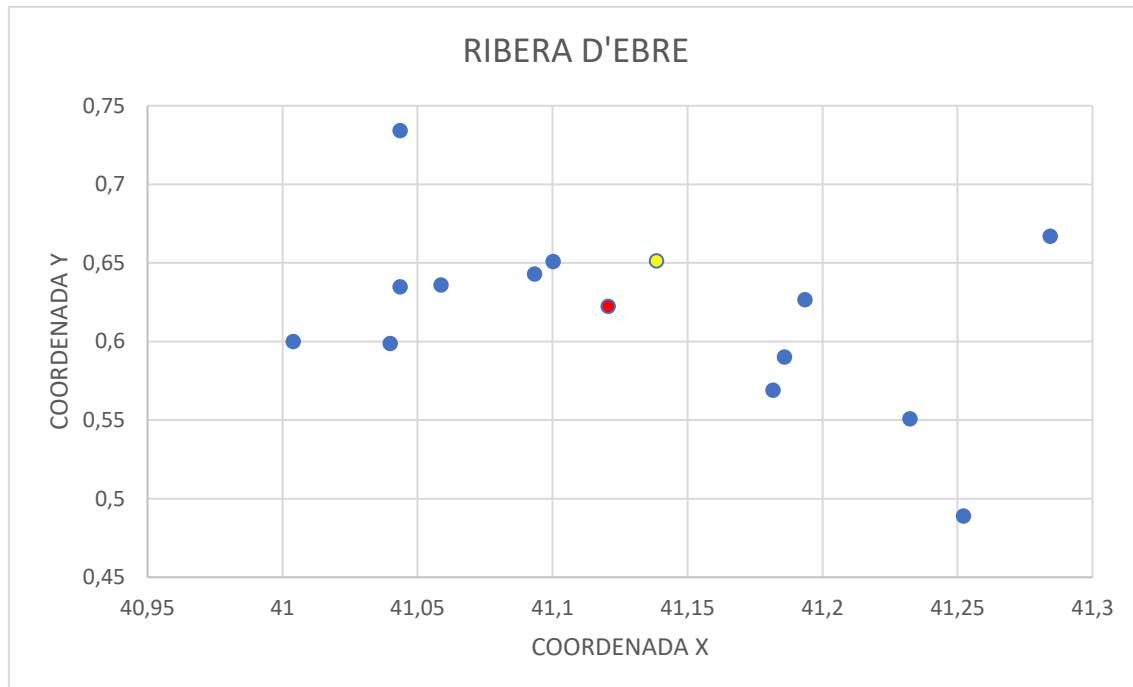
**Fig A.1.29.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Pla de l'Estany. Font: pròpia.



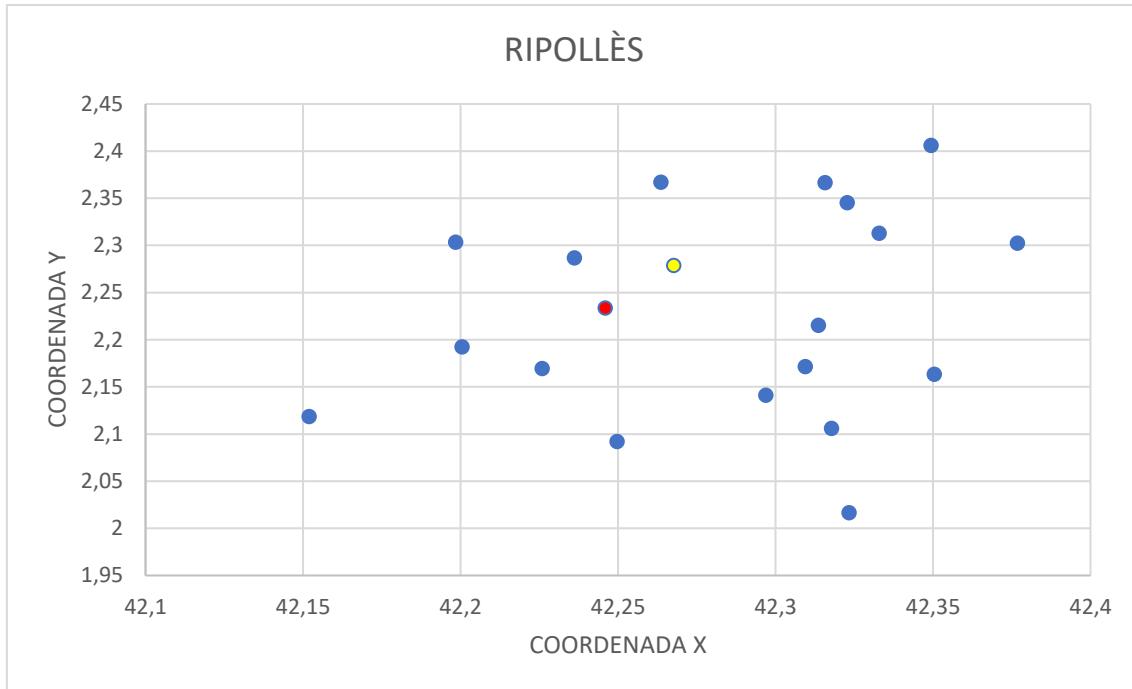
**Fig A.1.30.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Pla d'Urgell. Font: pròpia.



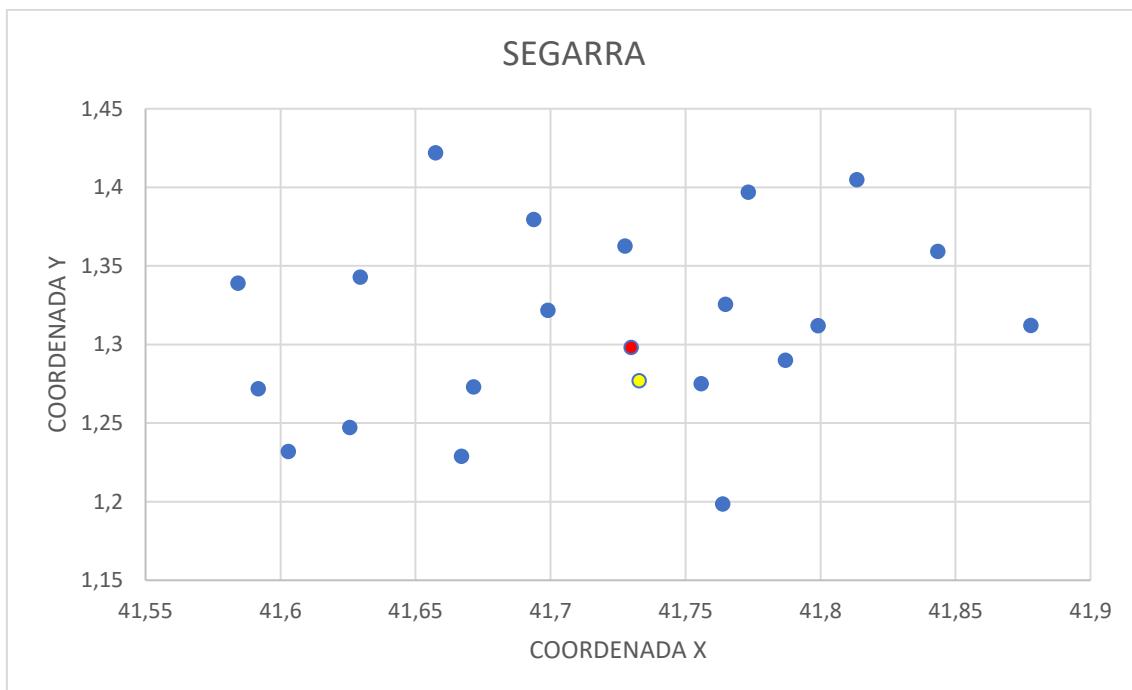
**Fig A.1.31.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Priorat. Font: pròpia.



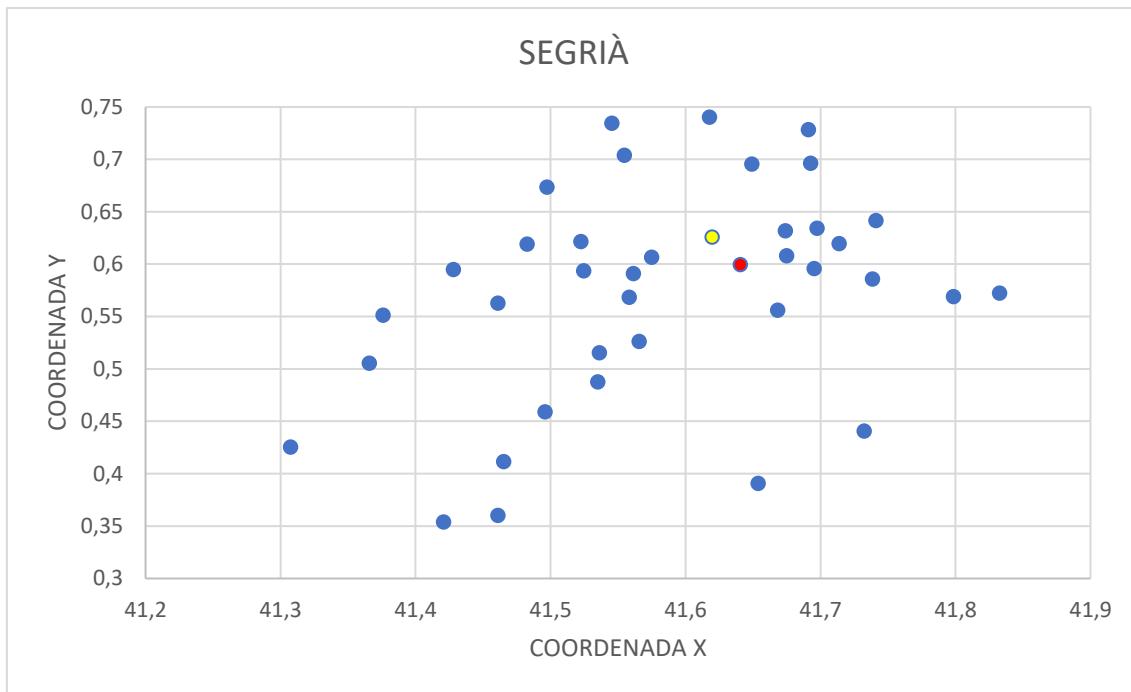
**Fig A.1.32.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de la Ribera d'Ebre. Font: pròpia.



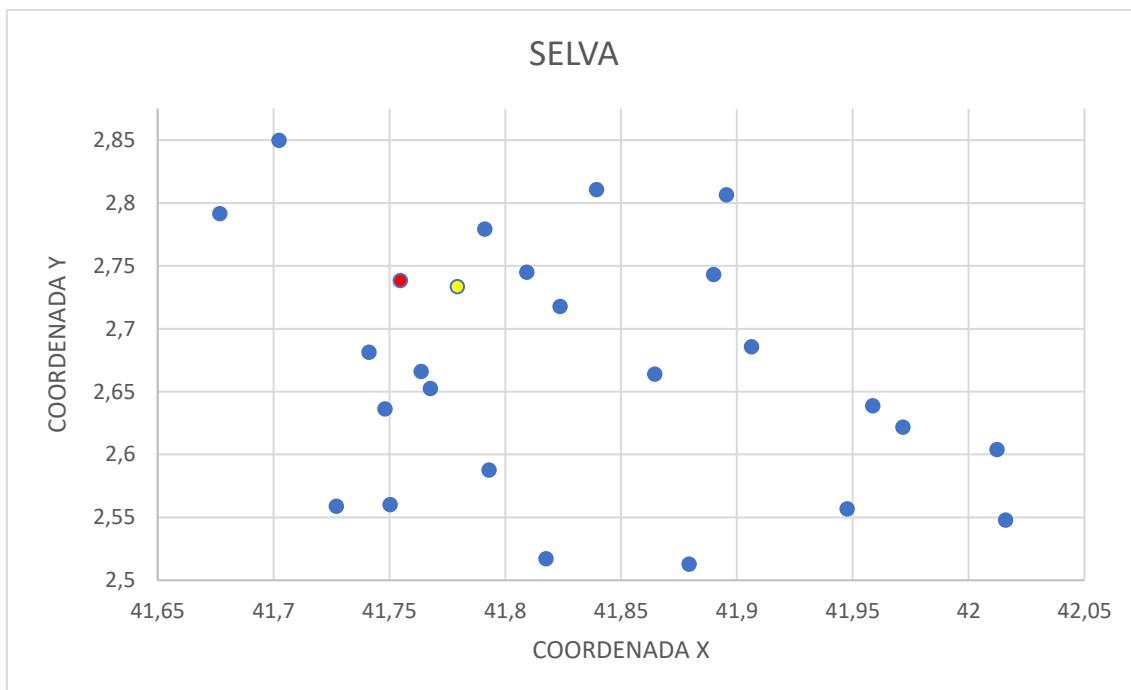
**Fig A.1.33.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Ripollès. Font: pròpia.



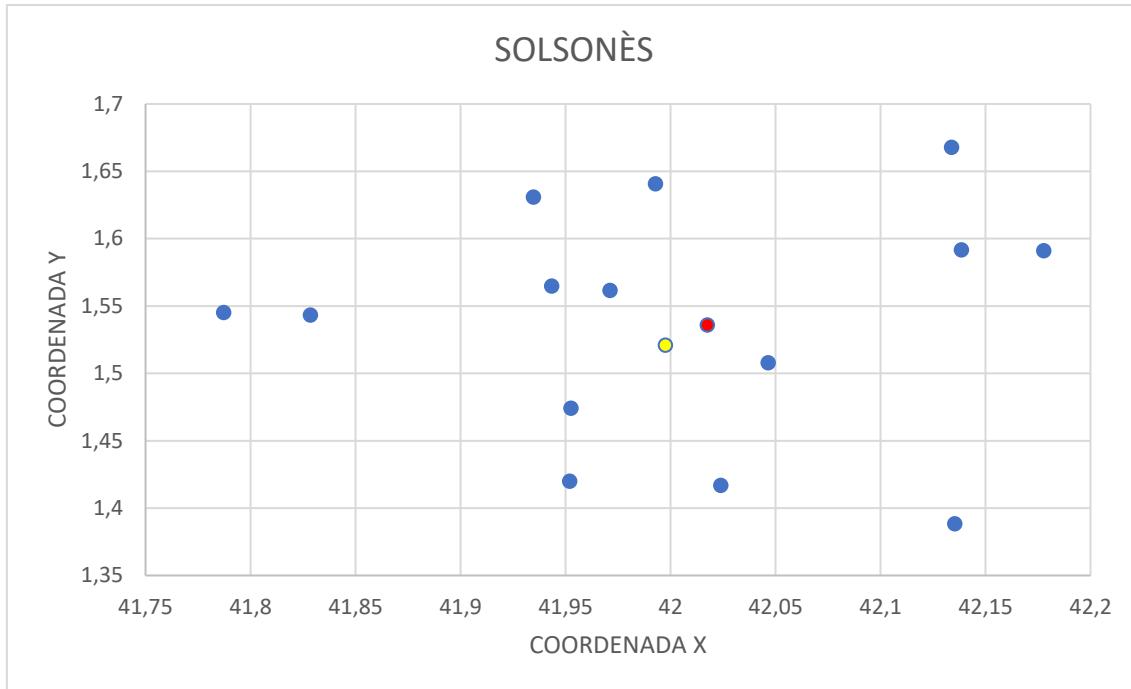
**Fig A.1.34.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de la Segarra. Font: pròpia.



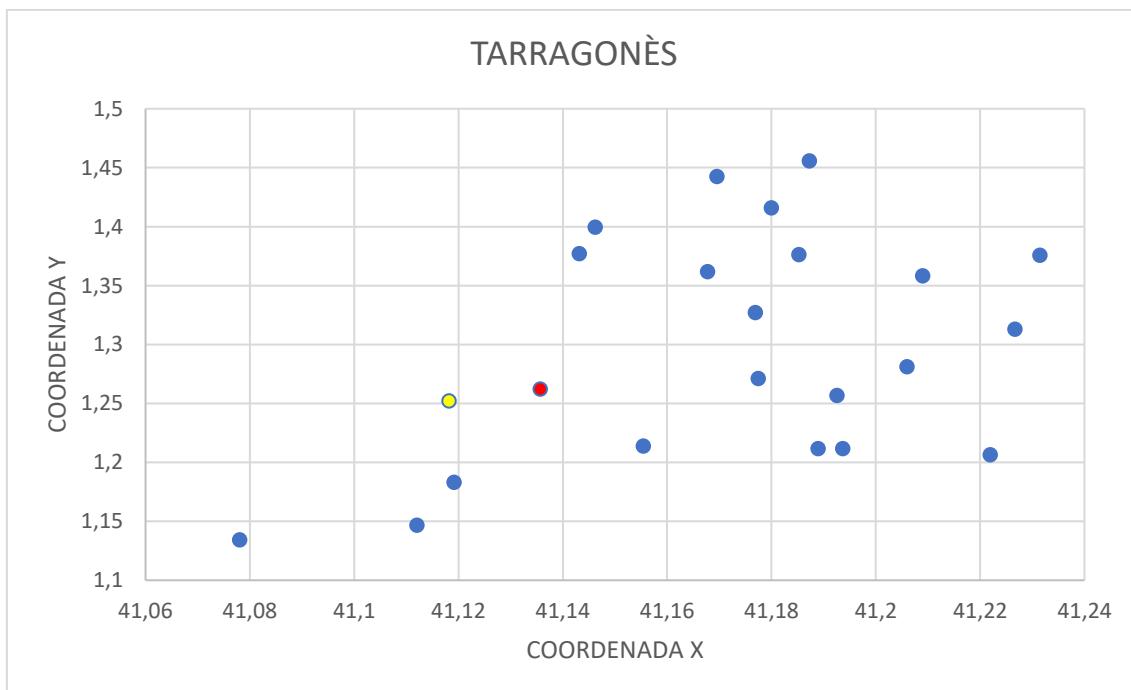
**Fig A.1.35.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Segrià. Font: pròpia.



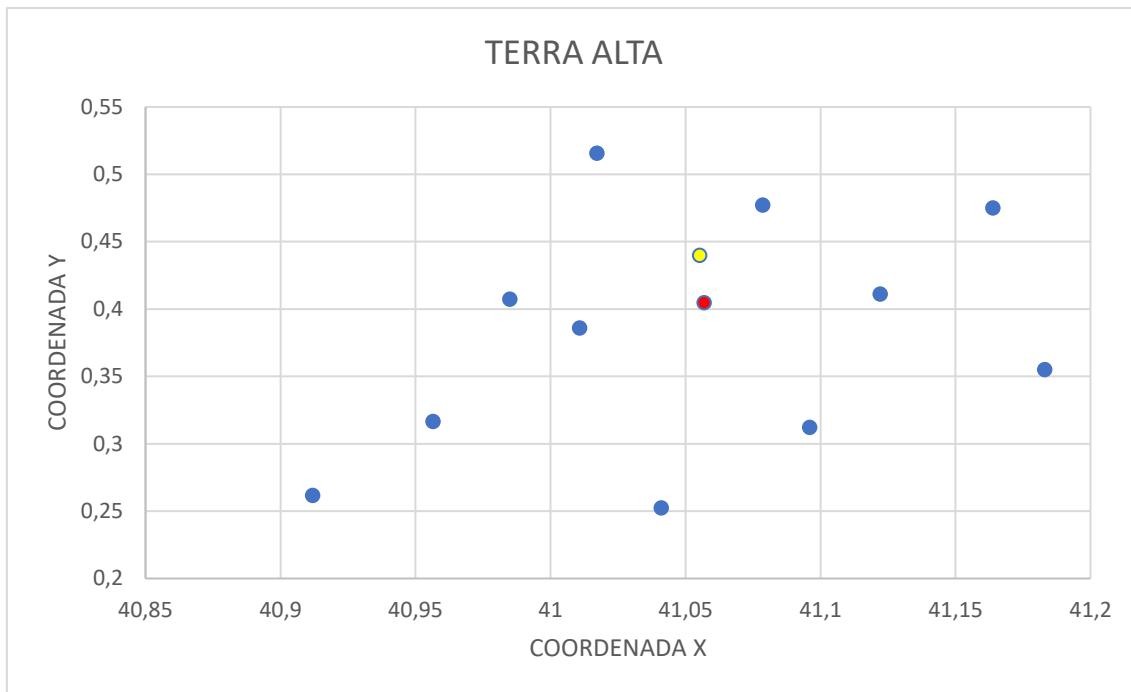
**Fig A.1.36.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de la Selva. Font: pròpia.



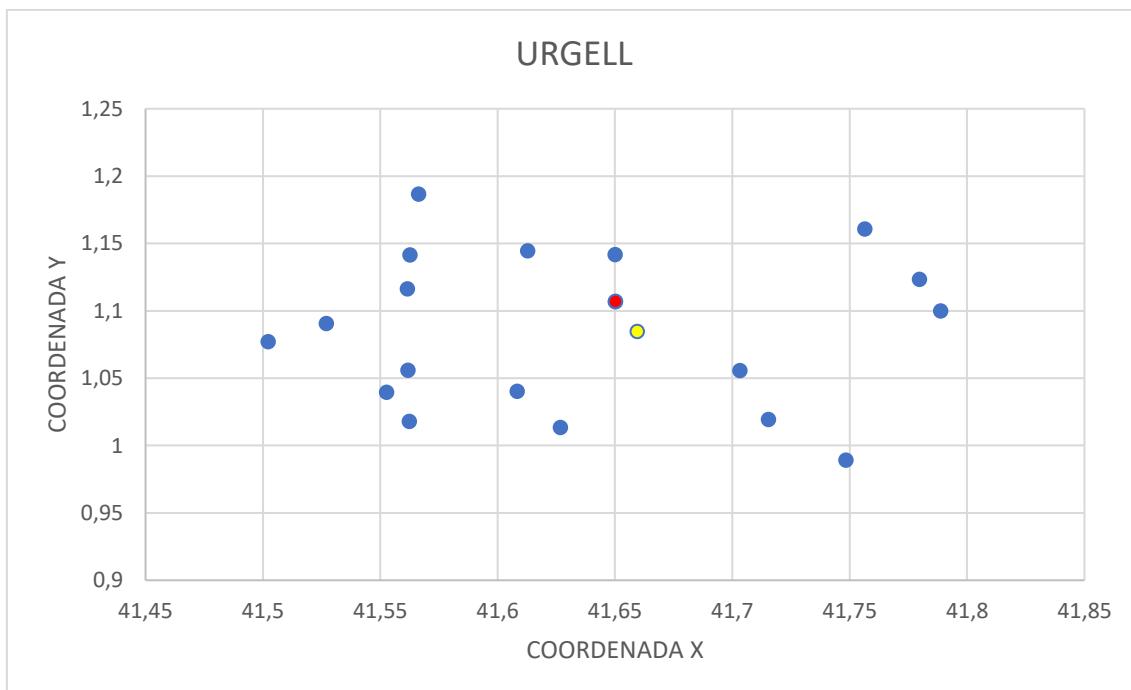
**Fig A.1.37.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Solsonès. Font: pròpria.



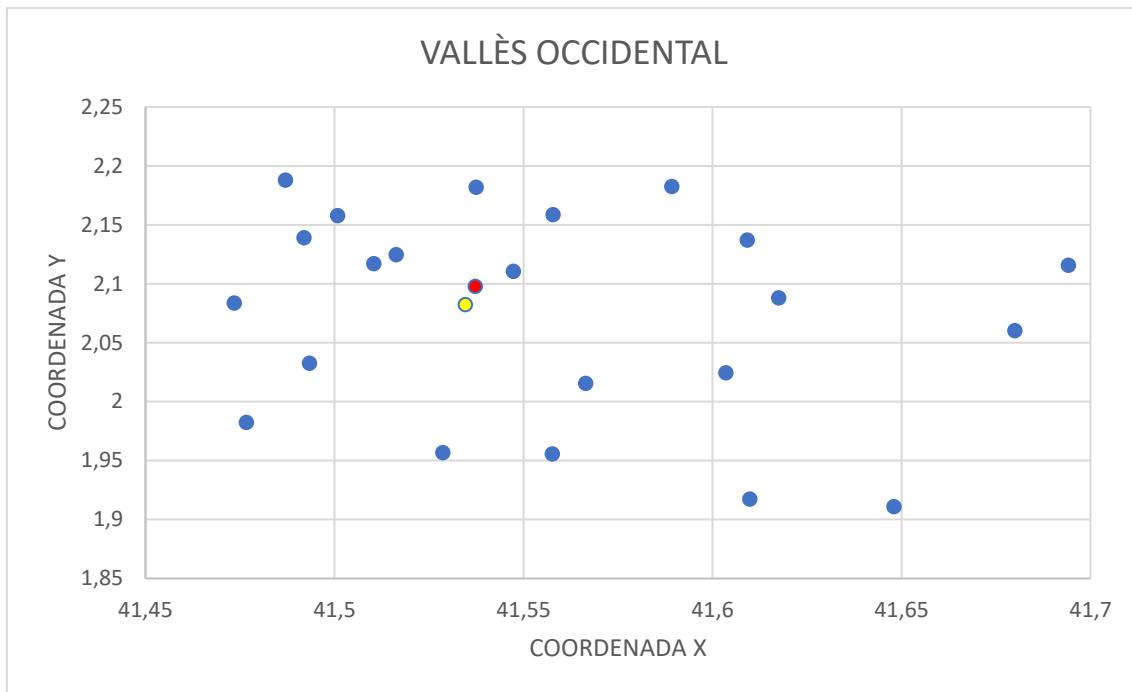
**Fig A.1.38.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Tarragonès. Font: pròpia.



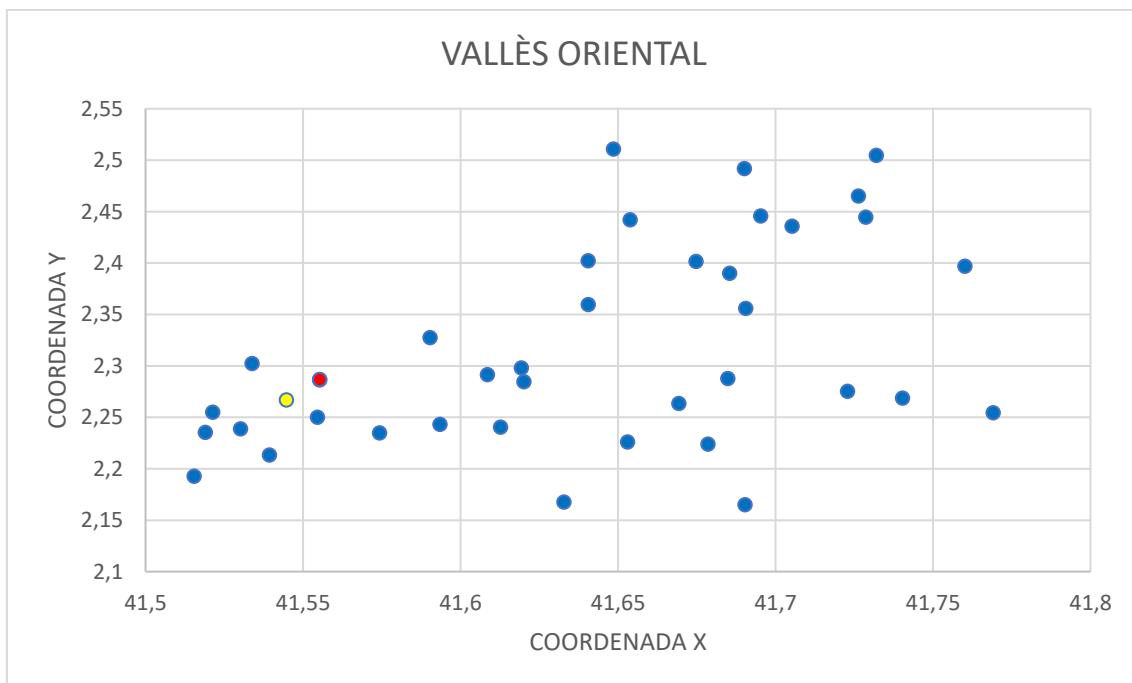
**Fig A.1.39.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de la Terra Alta. Font: pròpia.



**Fig A.1.40.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca de l'Urgell. Font: pròpia.

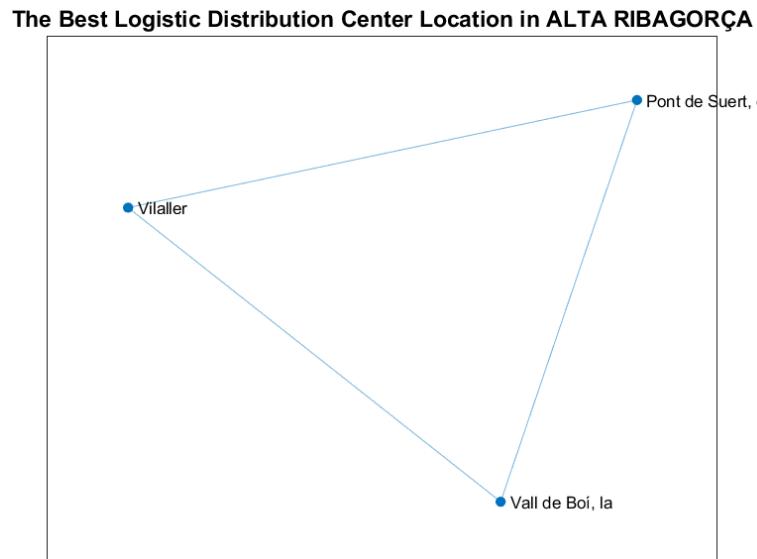


**Fig A.1.41.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Vallès Occidental. Font: pròpia.

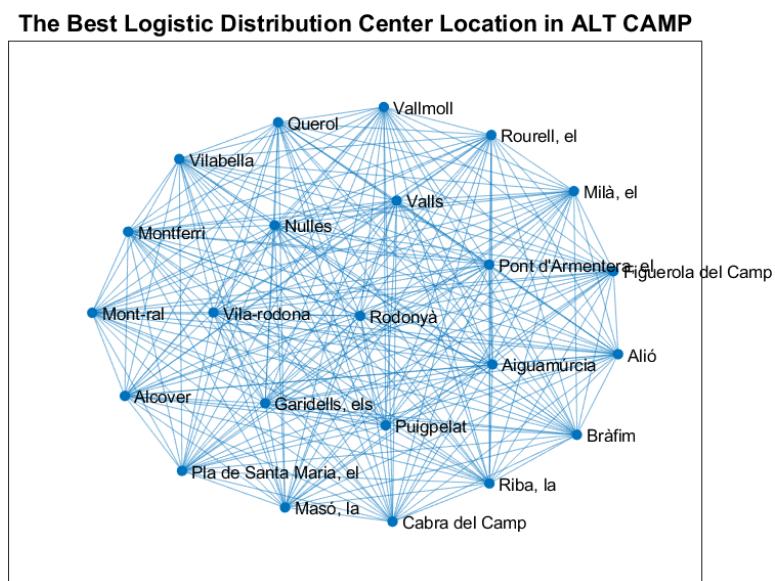


**Fig A.1.42.** Gràfic de dispersió de punts resultant del mètode del centre de gravetat a la comarca del Vallès Oriental. Font: pròpia.

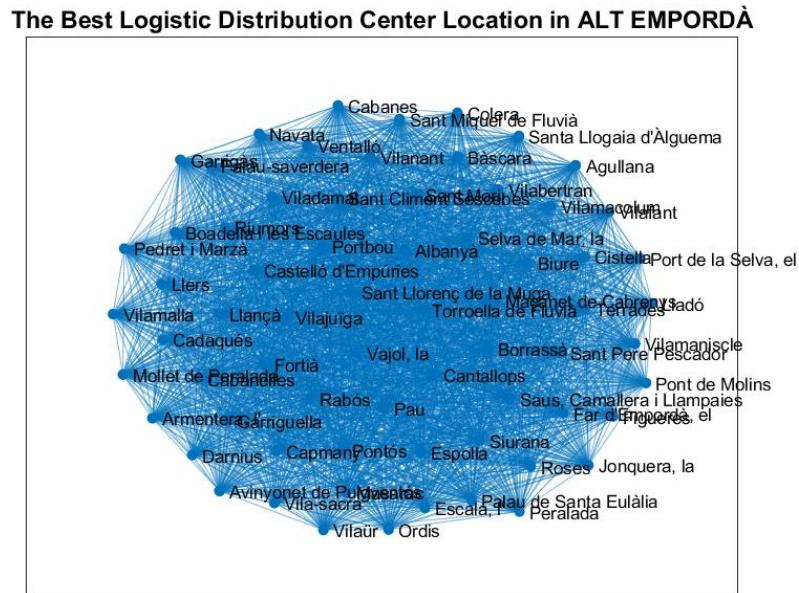
## A.2 TEORIA DE GRAFS



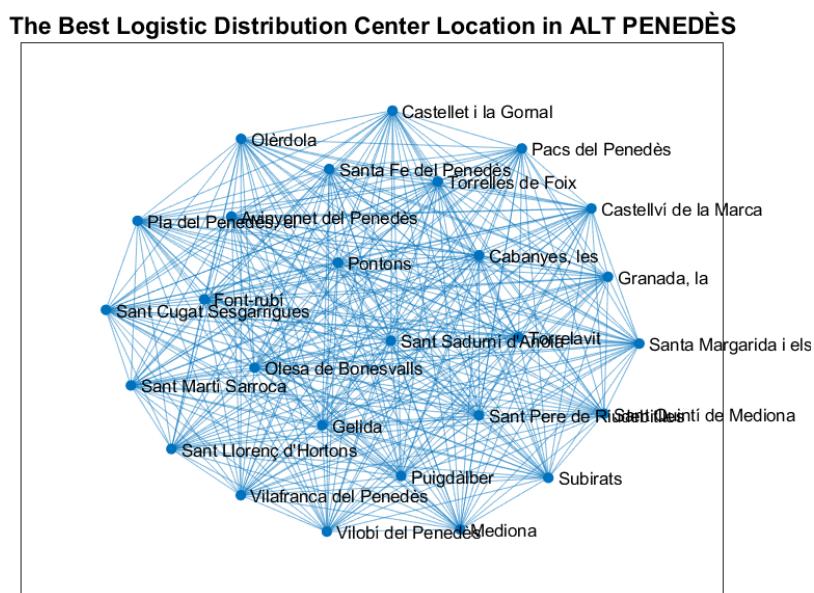
**Fig A.2.1.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Alta Ribagorça. Font: pròpia.



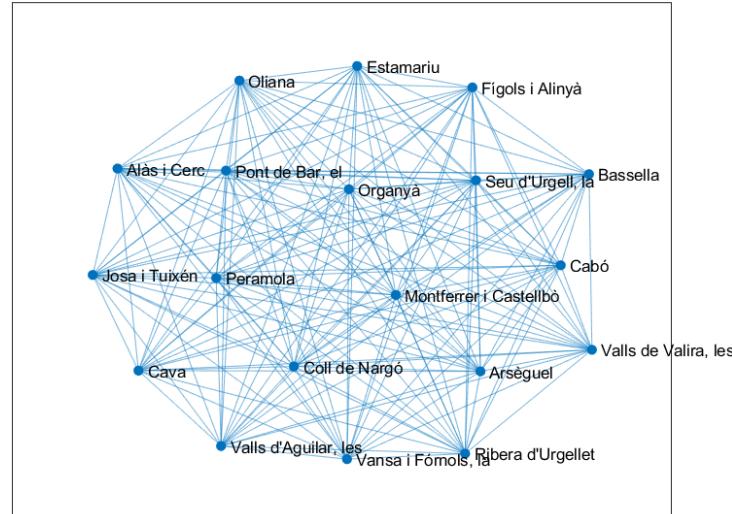
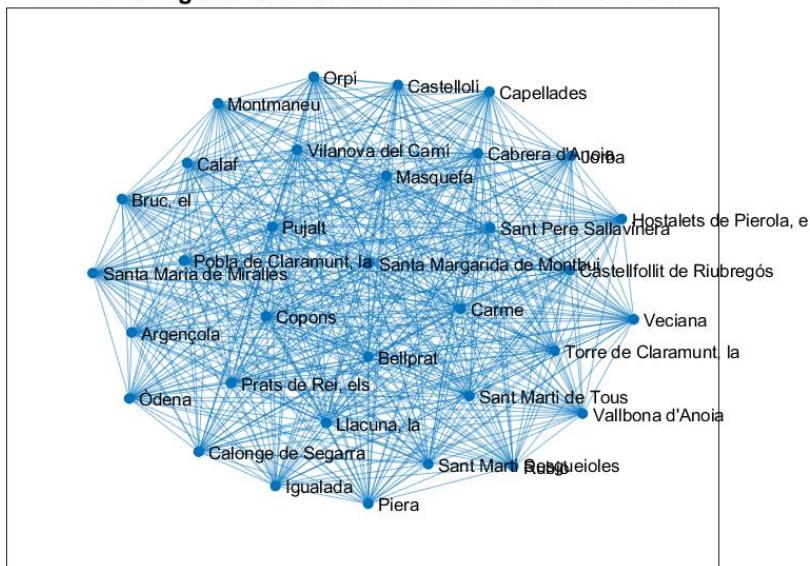
**Fig A.2.2.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Alt Camp. Font: pròpia.

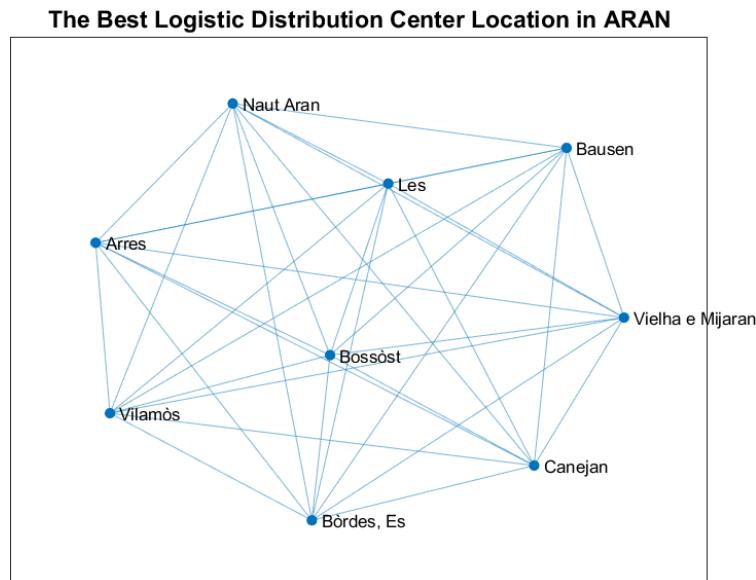


**Fig A.2.3.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Alt Empordà. Font: pròpia.

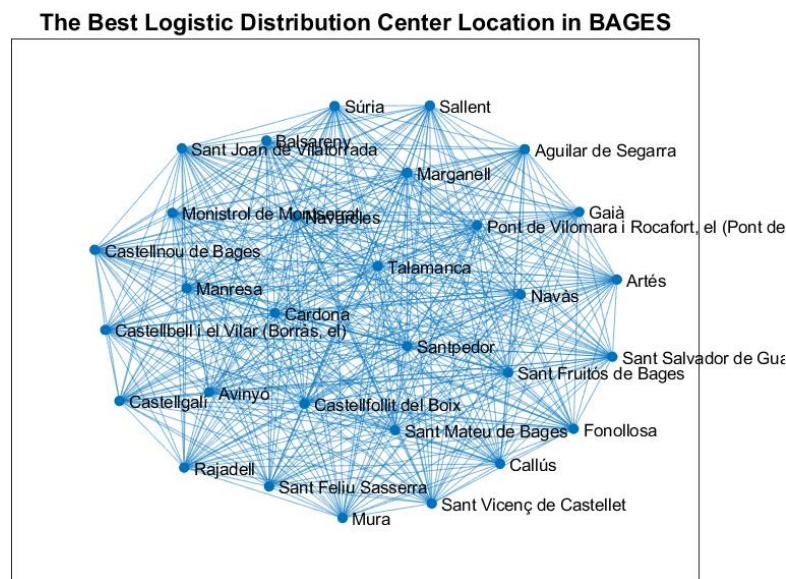


**Fig A.2.4.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Alt Penedès. Font: pròpia.

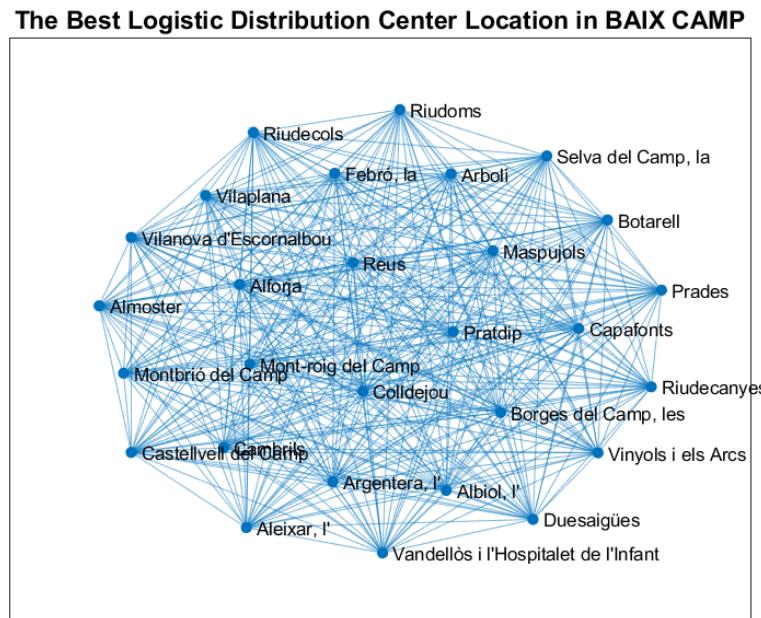
**The Best Logistic Distribution Center Location in ALT URGELL****Fig A.2.5.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Alt Urgell. Font: pròpia.**The Best Logistic Distribution Center Location in ANOIA****Fig A.2.6.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Anoia. Font: pròpia.



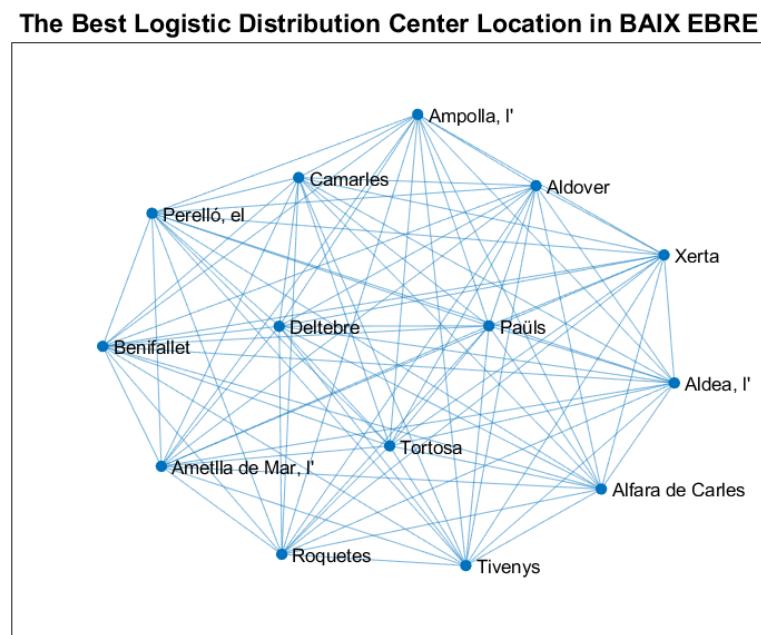
*Fig A.2.7. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Aran. Font: pròpia.*



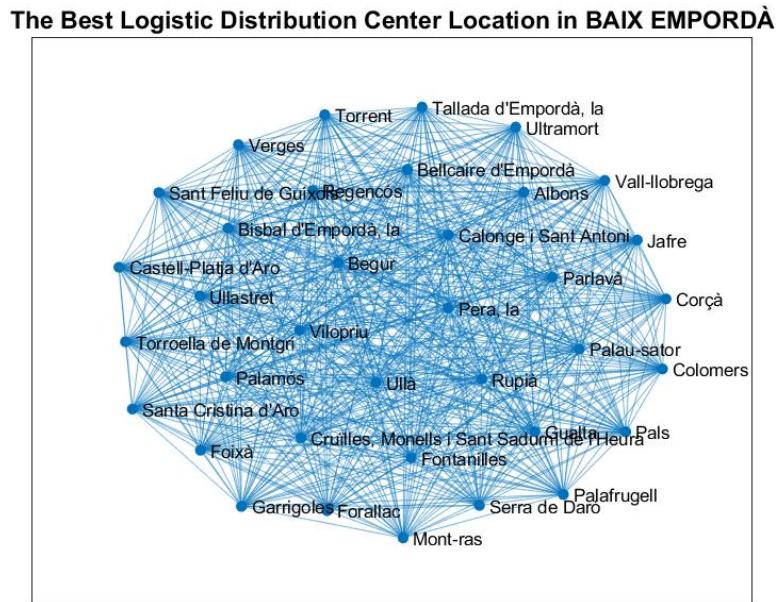
*Fig A.2.8. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Bages. Font: pròpia.*



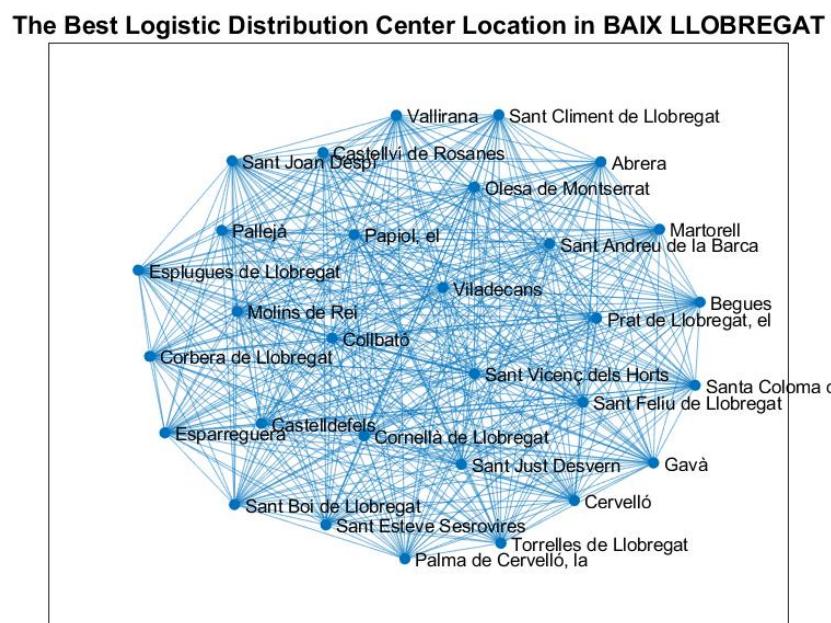
**Fig A.2.9.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Baix Camp. Font: pròpia.



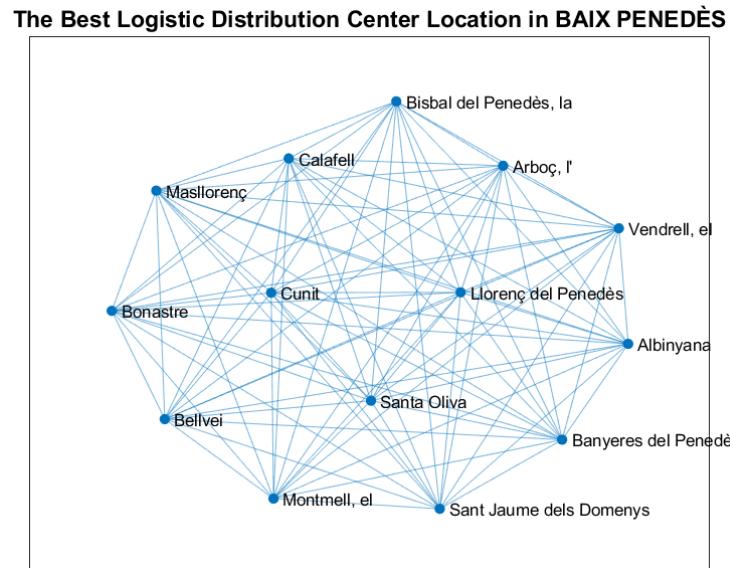
**Fig A.2.10.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Baix Ebre. Font: pròpia.



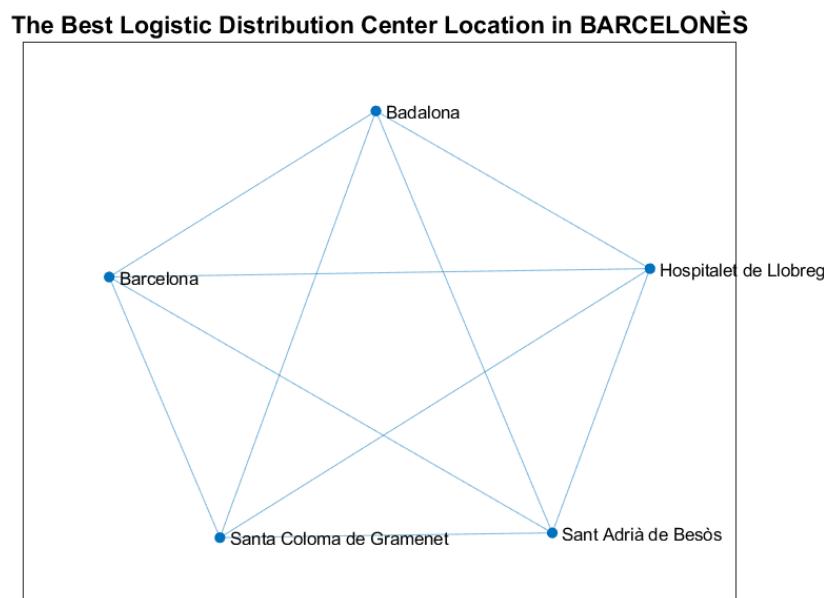
**Fig A.2.11.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Baix empordà. Font: pròpia.



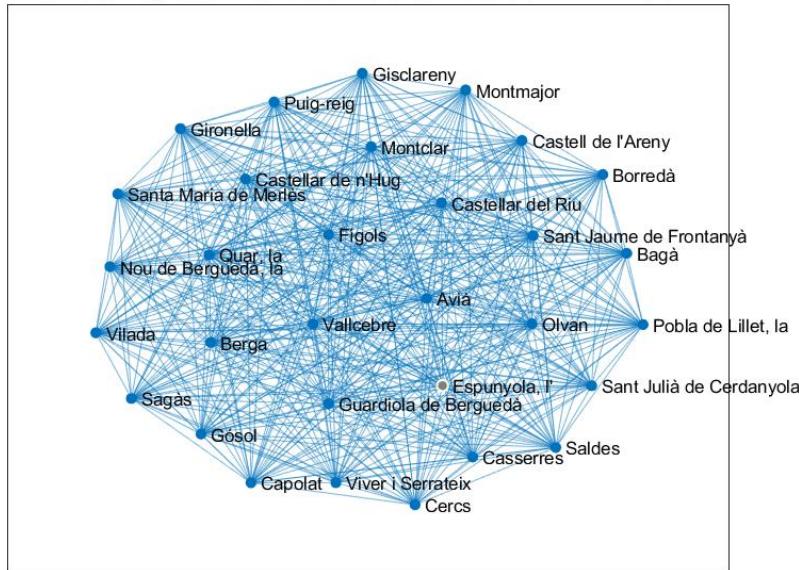
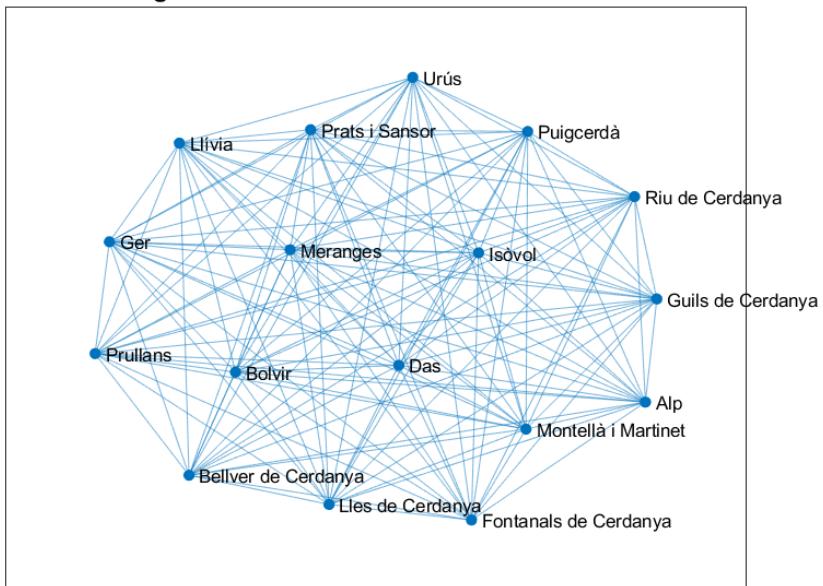
**Fig A.2.12.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Baix Llobregat. Font: pròpia.

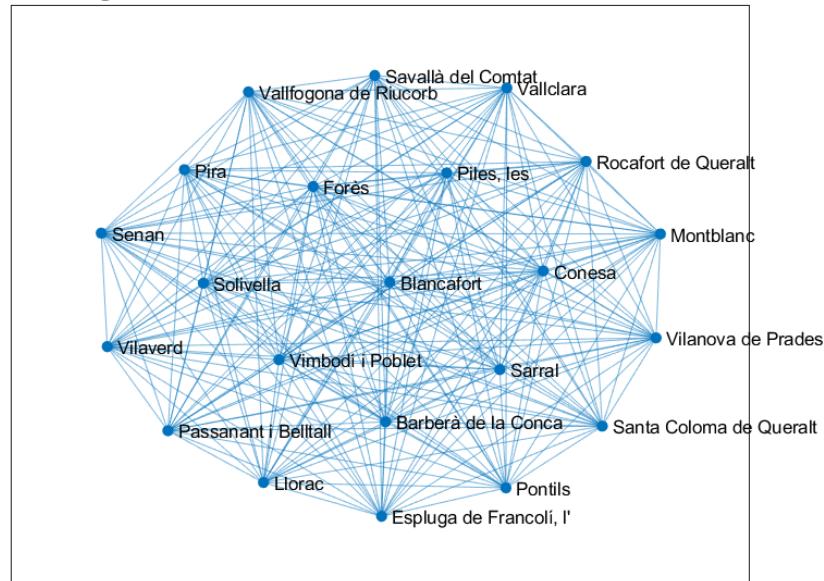


*Fig A.2.13. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Baix Penedès. Font: pròpia.*

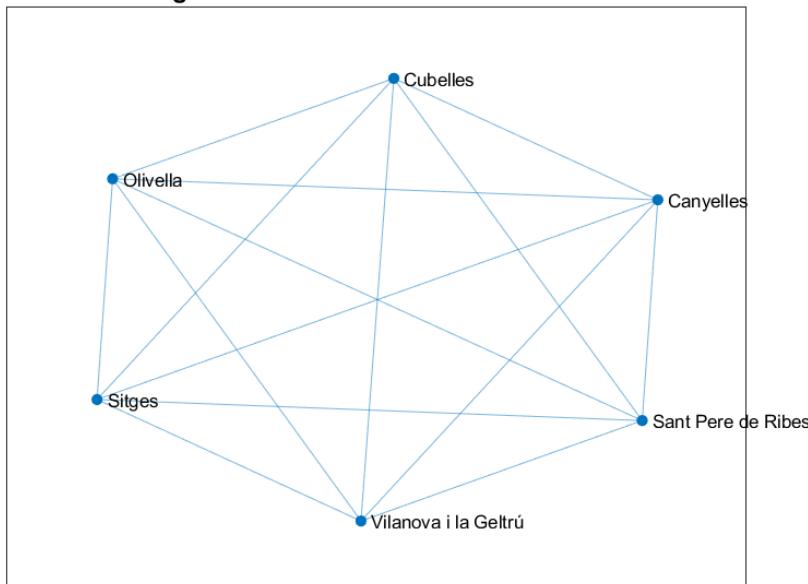


*Fig A.2.14. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Barcelonès. Font: pròpia.*

**The Best Logistic Distribution Center Location in BERGUEDÀ***Fig A.2.15. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Berguedà. Font: pròpia.***The Best Logistic Distribution Center Location in CERDANYA***Fig A.2.16. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de la Cerdanya. Font: pròpia.*

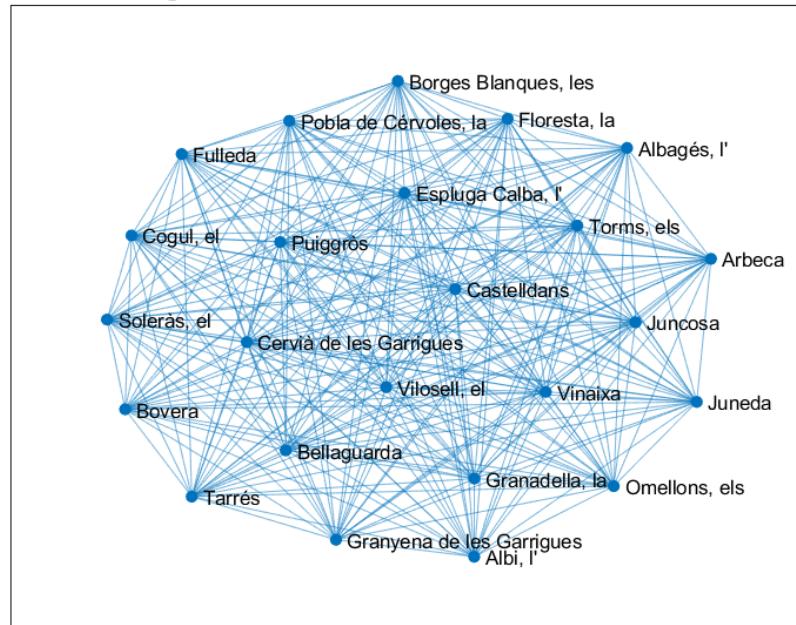
**The Best Logistic Distribution Center Location in CONCA DE BARBERÀ**

**Fig A.2.17** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de la Conca de Barberà. Font: pròpia.

**The Best Logistic Distribution Center Location in GARRAF**

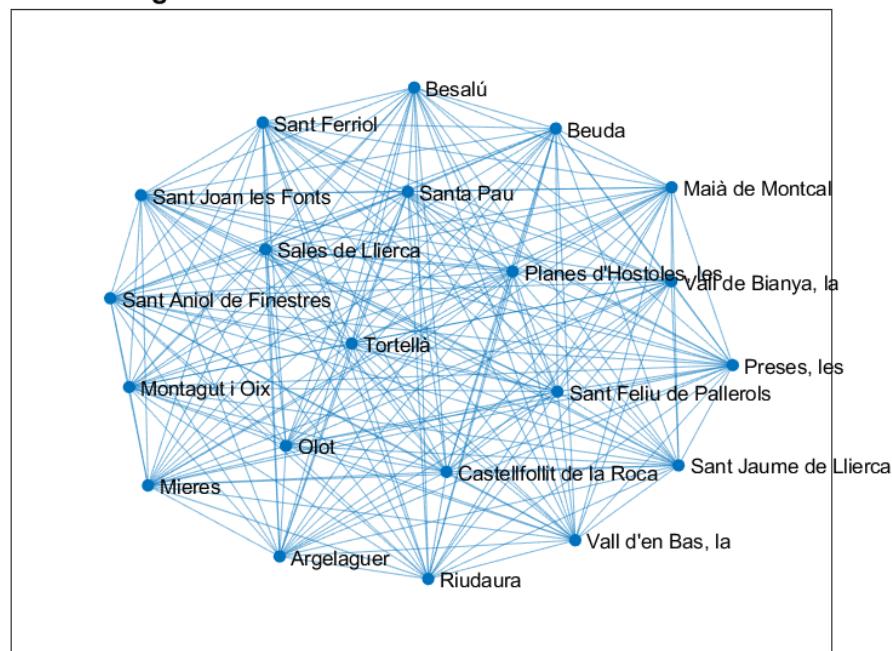
**Fig A.2.18.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Garraf. Font: pròpia.

### The Best Logistic Distribution Center Location in GARRIGUES



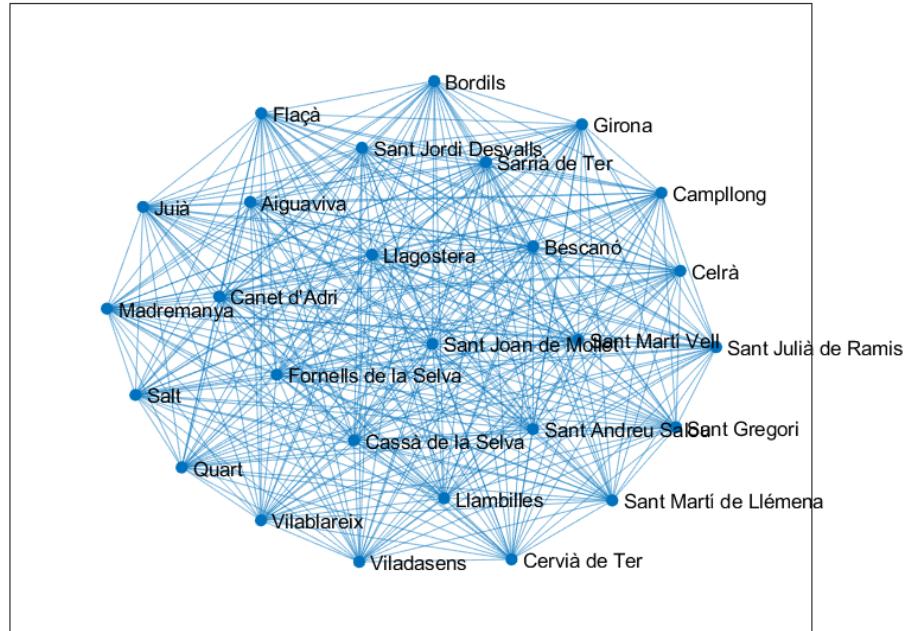
**Fig A.2.19.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de les Garrigues. Font: pròpia.

### The Best Logistic Distribution Center Location in LA GARROTXA



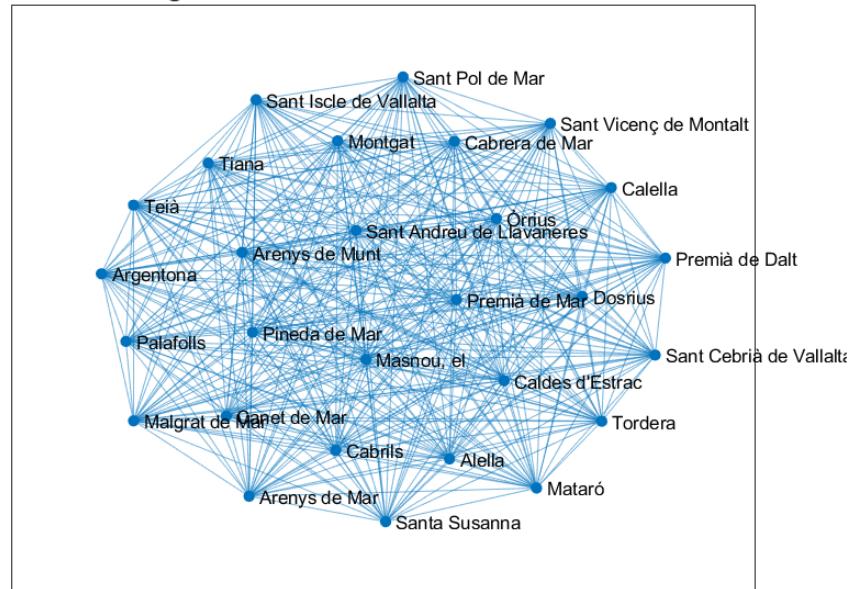
**Fig A.2.20.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de la Garrotxa. Font: pròpia.

### The Best Logistic Distribution Center Location in GIRONÈS

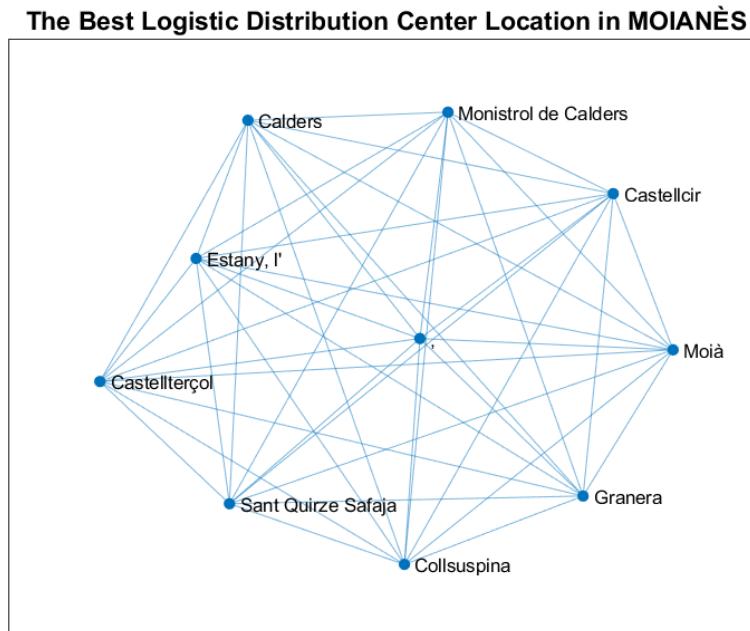


**Fig A.2.21.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Gironès. Font: pròpia.

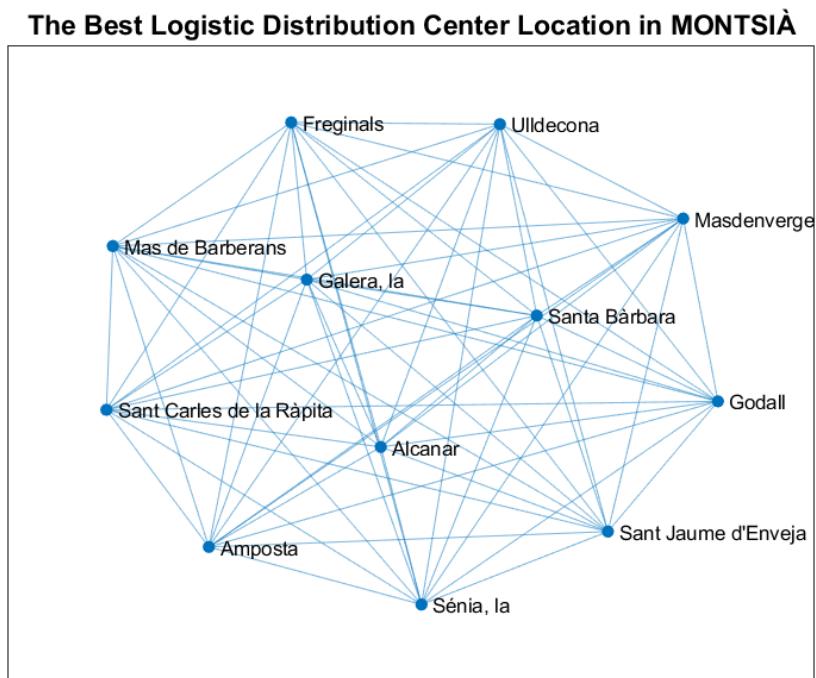
### The Best Logistic Distribution Center Location in MARESME



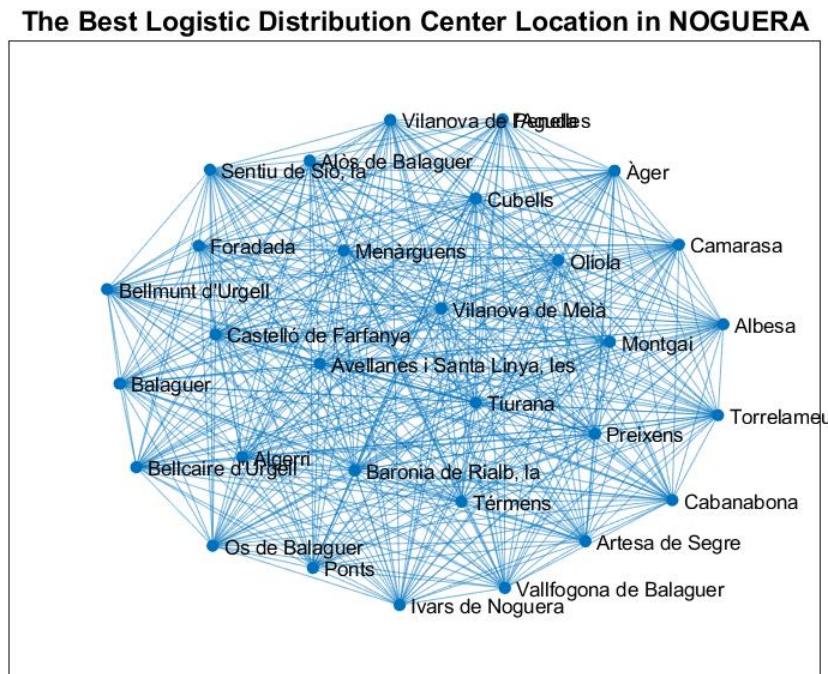
**Fig A.2.22.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Maresme. Font: pròpia.



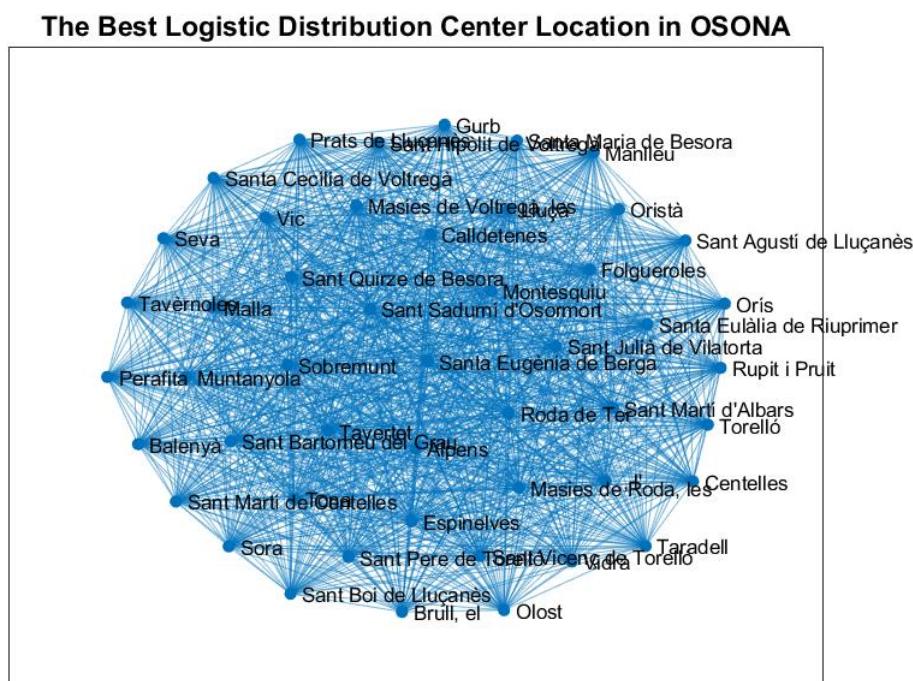
**Fig A.2.23.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Moianès. Font: pròpia.



**Fig A.2.24.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Montsià. Font: pròpia.

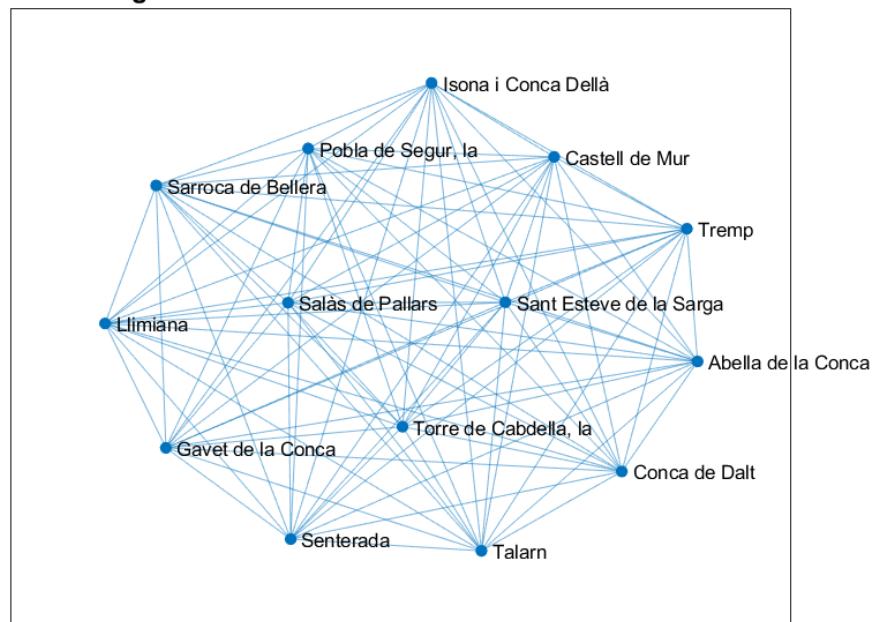


**Fig A.2.25.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de la Noguera. Font: pròpia.



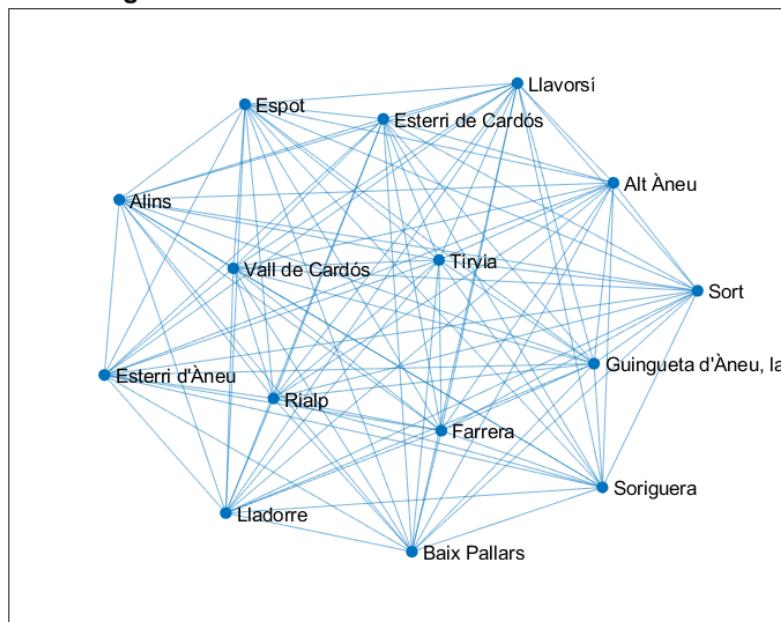
**Fig A.2.26.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca d'Osona. Font: pròpia.

**The Best Logistic Distribution Center Location in PALLARS JUSSÀ**



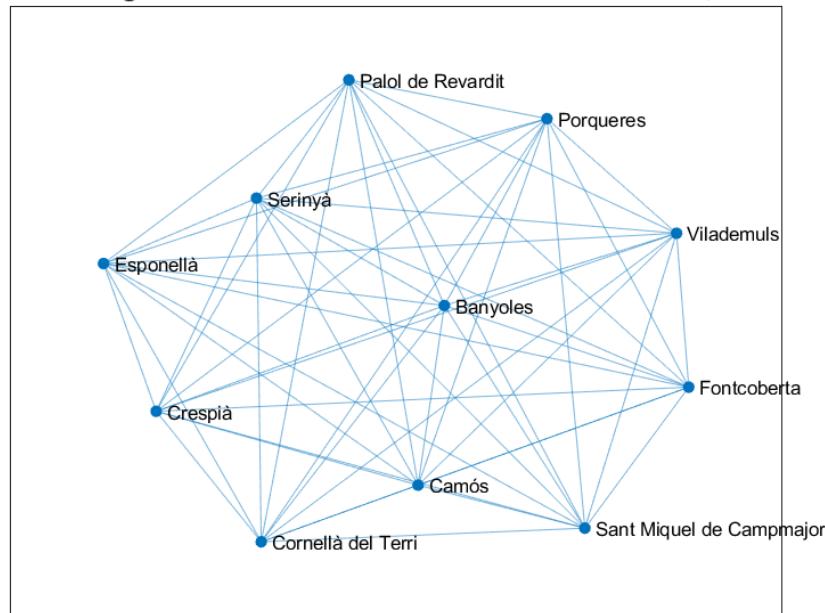
**Fig A.2.27.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Pallars Jussà. Font: pròpia.

**The Best Logistic Distribution Center Location in PALLARS SOBIRÀ**



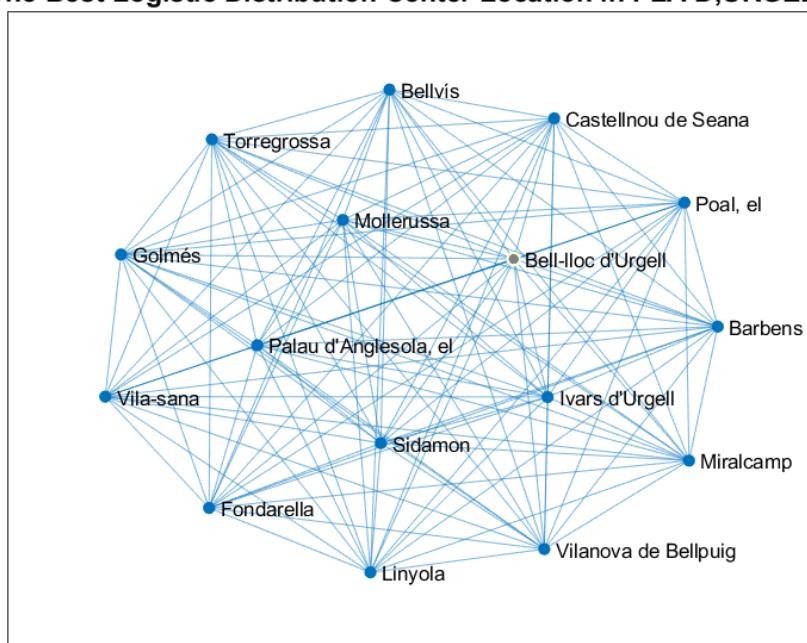
**Fig A.2.28.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Pallars Sobirà. Font: pròpia.

**The Best Logistic Distribution Center Location in PLA DE L'ESTANY**



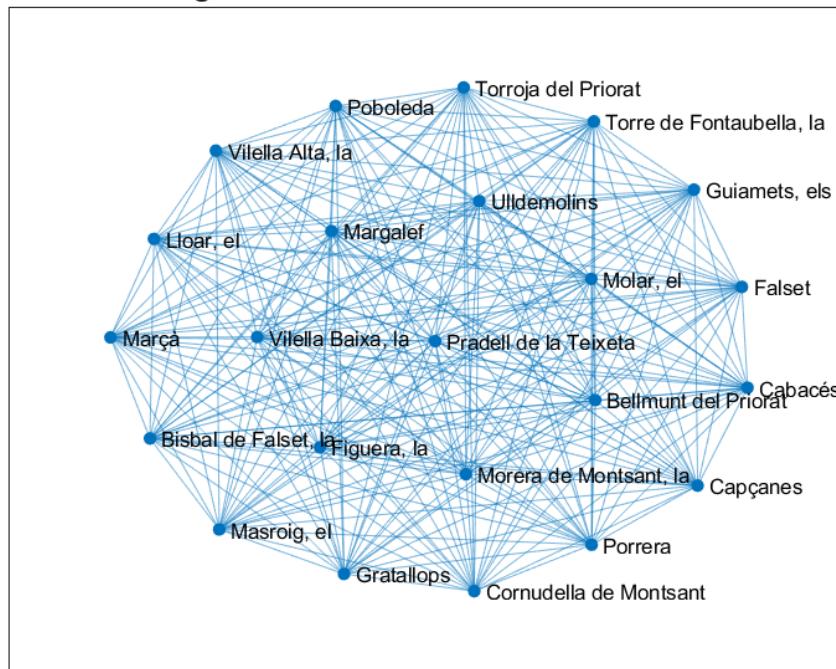
*Fig A.2.29. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Pla de l'Estany. Font: pròpia.*

**The Best Logistic Distribution Center Location in PLA D'URGELL**



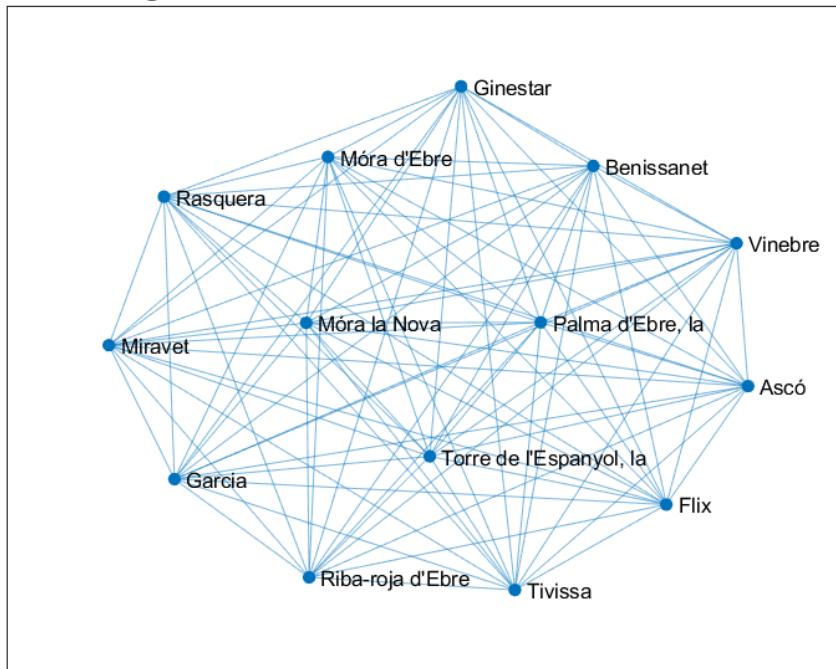
*Fig A.2.30. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Pla d'Urgell. Font: pròpia.*

### The Best Logistic Distribution Center Location in PRIORAT



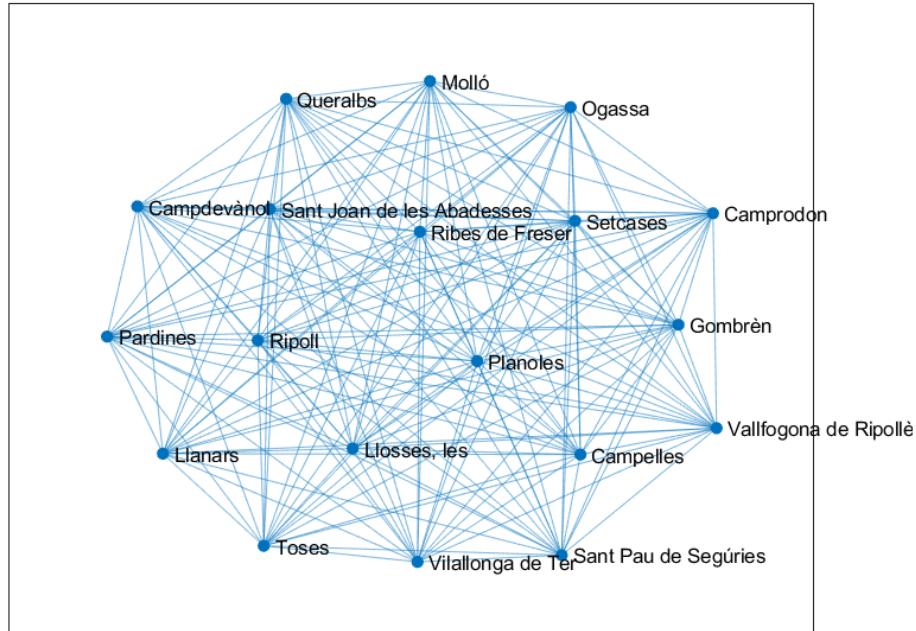
*Fig A.2.31. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Priorat. Font: pròpia.*

### The Best Logistic Distribution Center Location in RIBERA D'EBRE



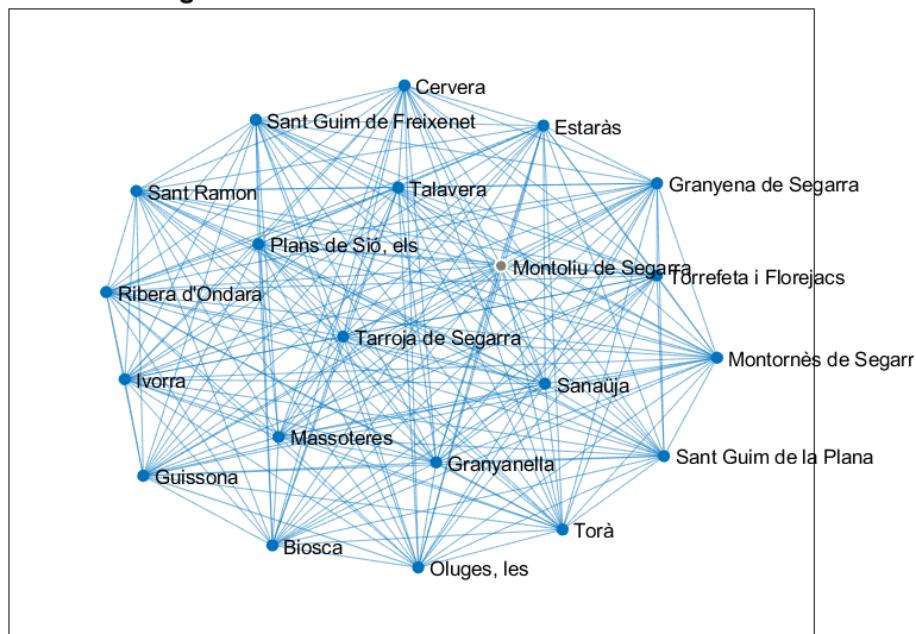
*Fig A.2.32. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de la Riebra d'Ebre. Font: pròpia.*

### The Best Logistic Distribution Center Location in RIPOLLÈS



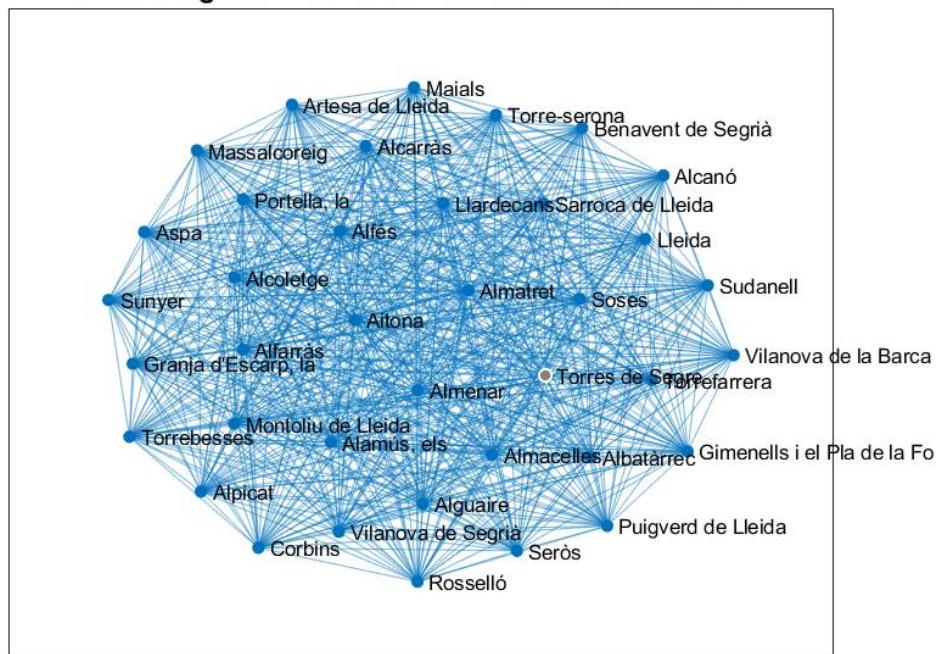
*Fig A.2.33. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Ripollès. Font: pròpia.*

### The Best Logistic Distribution Center Location in SEGARRA



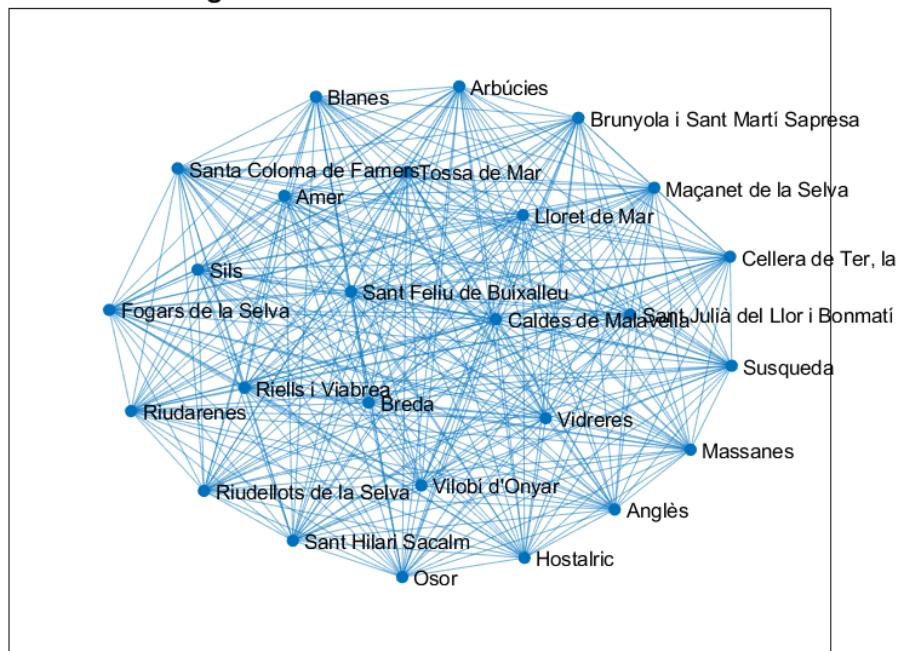
*Fig A.2.34. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de la Segarra. Font: pròpia.*

### The Best Logistic Distribution Center Location in SEGRIÀ



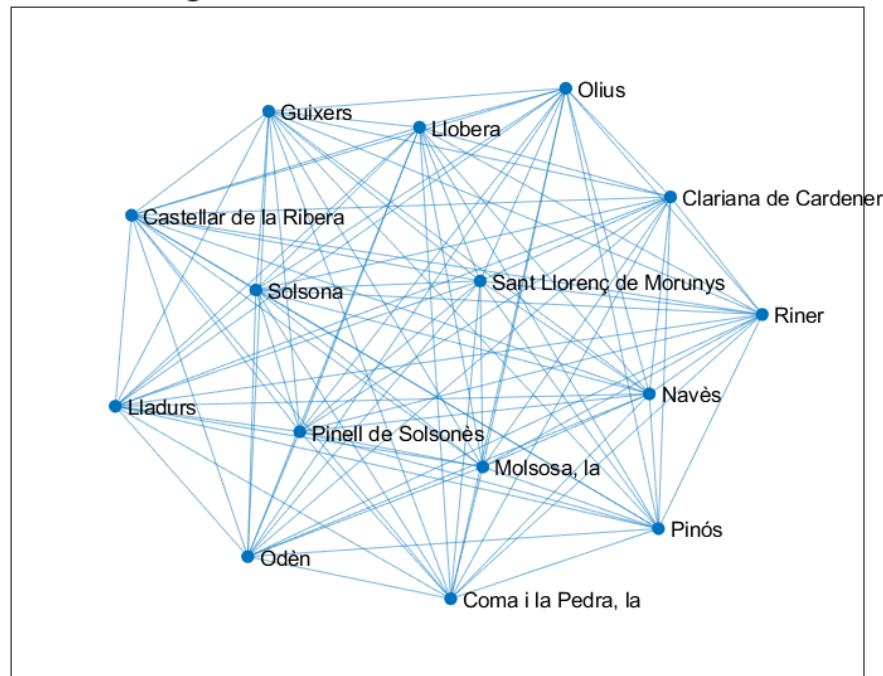
**Fig A.2.35.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Segrià. Font: pròpia.

### The Best Logistic Distribution Center Location in SELVA



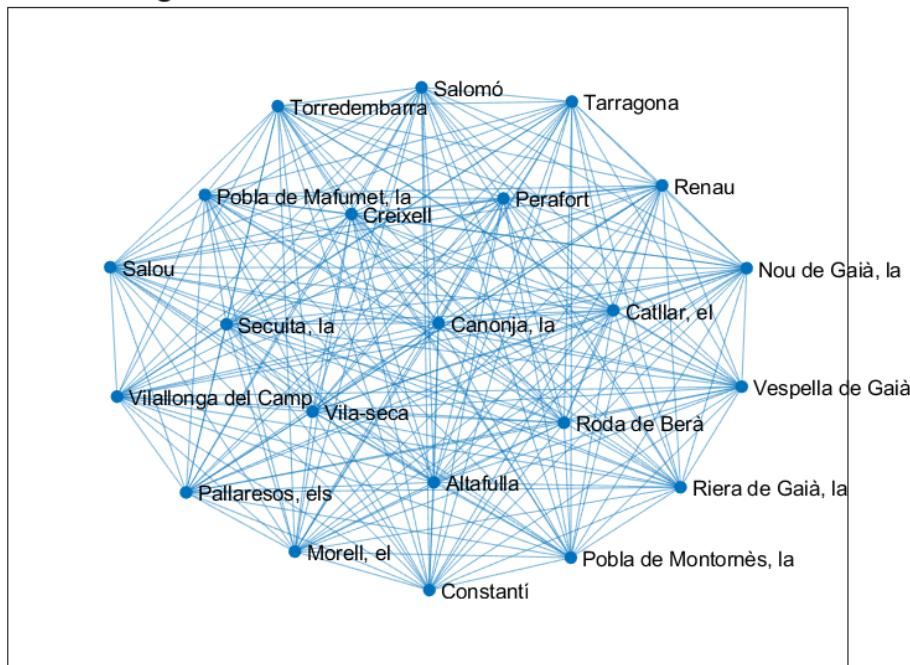
**Fig A.2.36.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de la Selva. Font: pròpia.

### The Best Logistic Distribution Center Location in SOLSONÈS



*Fig A.2.37. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Solsonès. Font: pròpia.*

### The Best Logistic Distribution Center Location in TARRAGONÈS



*Fig A.2.38. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Tarragonès. Font: pròpia.*

The Best Logistic Distribution Center Location in TERRA ALTA

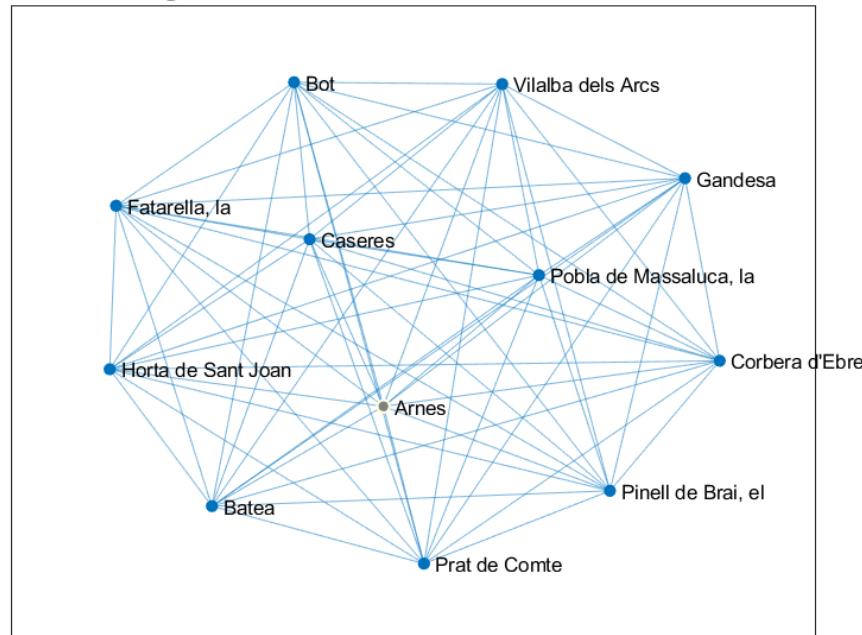


Fig A.2.39. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de la Terra Alta. Font: pròpia.

The Best Logistic Distribution Center Location in URGELL

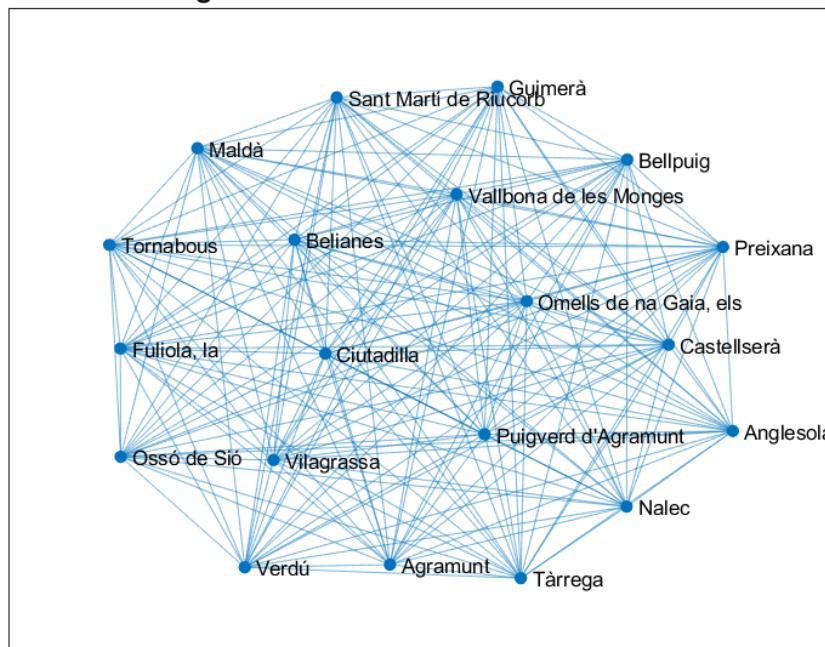
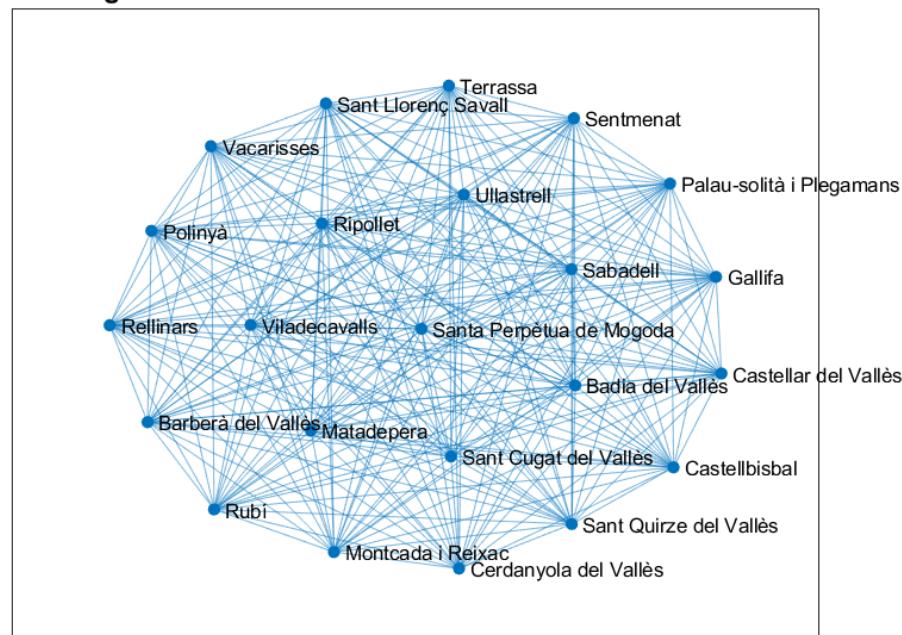


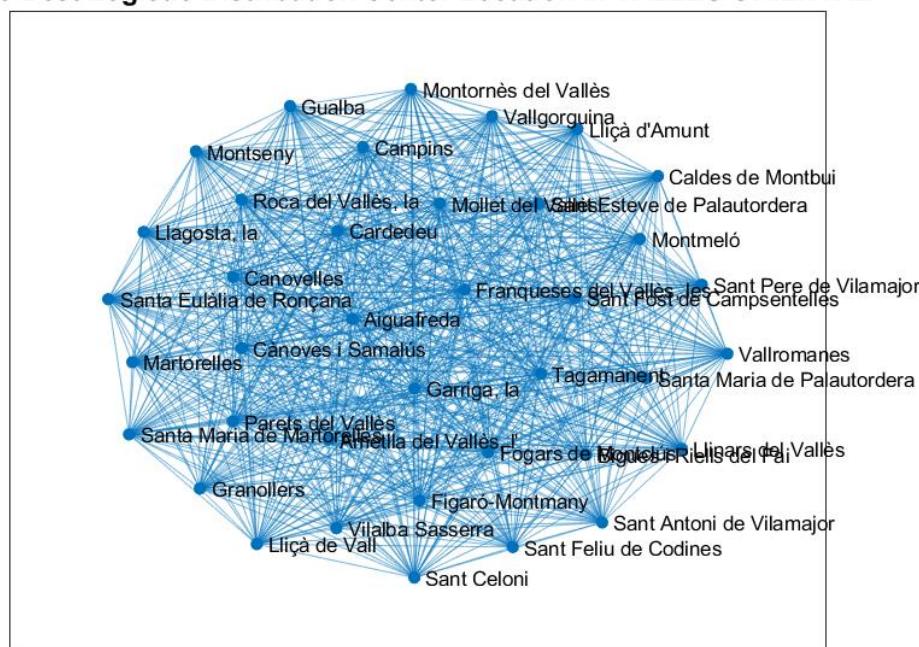
Fig A.2.40. Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca de l'Urgell. Font: pròpia.

### The Best Logistic Distribution Center Location in VALLÈS OCCIDENTAL



**Fig A.2.41.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Vallès Occidental. Font: pròpia.

### The Best Logistic Distribution Center Location in VALLÈS ORIENTAL



**Fig A.2.42.** Graf resultant d'aplicar teoria de grafs a la comarca del Vallès Oriental. Font: pròpia.

## ANNEX B

### B.1 TAULES

**Taula B.1.1.** Poblacions resultants del mètode del centre de gravetat. Font: pròpia.

COMARCA	RESULTATS MÈTODE DEL CENTRE DE GRAVETAT
ALT CAMP	Valls
ALT EMPORDÀ	Figueres
ALT PENEDES	Sant Cugat Sesgarrigues
ALT URGELL	Montferrer i Castellbò
ALTA RIBAGORÇA	Pont de Suert, el
ANOIA	Vilanova del Camí
ARAN	Vilamòs
BAGES	Manresa
BAIX CAMP	Riudoms
BAIX EBRE	Aldea, l'
BAIX EMPORDÀ	Calonge i Sant Antoni
BAIX LLOBREGAT	Santa Coloma de Cervelló
BAIX PENEDES	Bellvei
BARCELONES	Barcelona
BERGUEDA	Berga
CERDANYA	Bolvir
CONCA BARBERÀ	Pira
GARRAF	Vilanova i la Geltrú
GARRIGUES	Borges Blanques, les
GARROTXA	Santa Pau
GIRONÈS	Girona
MARESME	Mataró
MOIANÈS	Moià
MONTSIÀ	Freginals
NOGUERA	Sentiu de Sió, la
OSONA	Gurb
PALLARS JUSSÀ	Salàs de Pallars
PALLARS SOBIRÀ	Llavorsí
PLA DE L'ESTANY	Banyoles
PLA D'URGELL	Mollerussa
PRIORAT	Gratallops
RIBERA D'EBRE	Garcia

RIPOLLES	Ogassa
SEGARRA	Tarroja de Segarra
SEGRIÀ	Lleida
SELVA	Maçanet de la Selva
SOLSONÈS	Solsona
TARRAGONÈS	Tarragona
TERRA ALTA	Gandesa
URGELL	Anglesola
VALLÈS OCCIDENTAL	Santa Perpètua de Mogoda
VALLÈS ORIENTAL	Granollers

**Taula B.1.2.** Solucions aportades per cada algoritme utilitzat. Font: pròpia.

COMARCA	CLOSENESS	BETWEENNESS	PAGE RANK	EGEIN VECTOR	DEGREE
ALT CAMP	Puigpelat	Valls	Mont-Real	Mont-Real	Mont-Real
ALT EMPORDÀ	Figueres	Figueres	Agullana	Agullana	Biure
ALT PENEDÈS	Puigdàlber	Vilafranca del Penedès	Pontons	Pontons	Pontons
ALT URGELL	Ribera d'Urgellet	Oliana	Josa i Tuixén	Josa i Tuixén	Josa i Tuixén
ALTA RIBAGORÇA	Vilaller	Pont de Suert, el	Vall de Boí, la	Vall de Boí, la	Vall de Boí, la
ANOIA	Igualada	Santa Margarida de Montbui	Calonge de Segarra	Calonge de Segarra	Calonge de Segarra
ARAN	Bòrdes, Es	Vilamòs	Naut Aran	Naut Aran	Naut Aran
BAGES	Santpedor	Manresa	Sant Feliu Sasserra	Sant Feliu Sasserra	Sant Feliu Sasserra
BAIX CAMP	Borges del Camp, les	Alforja	Arbolí	Albiol, I	Albiol, I
BAIX EBRE	Tortosa	Tortosa	Paüls	Paüls	Paüls
BAIX EMPORDÀ	Ullastret	Verges	Begur	Begur	Begur
BAIX LLOBREGAT	Palma de Cervelló, la	Sant Boi de Llobregat	Collbató	Collbató	Collbató
BAIX PENEDÈS	Sant Jaume dels Domenys	Albinyana	Montmell, el	Montmell, el	Montmell, el
BARCELONES	Santa Coloma de Gramenet	Badalona	Hospitalet de Llobregat, l'	Hospitalet de Llobregat, l'	Hospitalet de Llobregat, l'
BERGUEDA	Berga	Berga	Avià	Avià	Espunyola, I
CERDANYA	Isòvol	Bellver de Cerdanya	Lles de Cerdanya	Llívia	Lles de Cerdanya
CONCA BARBERÀ	Solivella	Passanant i Belltall	Vilanova de Prades	Vilanova de Prades	Vilanova de Prades

**110 ESTUDI DE VIABILITAT D'UNA EMPRESA DE PAQUETERIA MITJANÇANT UAS A CATALUNYA**

GARRAF	Sant Pere de Ribes	Canyelles	Olivella	Olivella	Olivella
GARRIGUES	Cervià de les Garrigues	Albi, l'	Albagés, l'	Albagés, l'	Floresta, la
GARROTXA	Castellfollit de la Roca	Olot	Riudaura	Riudaura	Riudaura
GIRONÈS	Girona	Celrà	Sant Martí de Llémena	Sant Martí de Llémena	Sant Martí de Llémena
MARESME	Caldes d'Estrac	Mataró	Òrrius	Òrrius	Òrrius
MOIANÈS	Moià	Moià	Santa Maria d'Oló	Calders	Santa Maria d'Oló
MONTSIÀ	Freginals	Sant Carles de la Ràpita	Sénia, la	Sénia, la	Sénia, la
NOGUERA	Camarasa	Ponts	Vilanova de l'Aguda	Vilanova de l'Aguda	Vilanova de l'Aguda
OSONA	Sant Hipòlit de Voltregà	Sant Hipòlit de Voltregà	Brull, el	Brull, el	Brull, el
PALLARS JUSSÀ	Salàs de Pallars	Pobla de Segur, la	Torre de Cabdella, la	Torre de Cabdella, la	Torre de Cabdella, la
PALLARS SOBIRÀ	Tírvia	Sort	Baix Pallars	Baix Pallars	Baix Pallars
PLA DE L'ESTANY	Porqueres	Porqueres	Sant Miquel de Campmajor	Sant Miquel de Campmajor	Sant Miquel de Campmajor
PLA D'URGELL	Mollerussa	Mollerussa	Bell-lloc d'Urgell	Bell-lloc d'Urgell	Bell-lloc d'Urgell
PRIORAT	Gratallops	Falset	Ulldemolins	Ulldemolins	Ulldemolins
RIBERA D'EBRE	Móra d'Ebre	Móra d'Ebre	Palma d'Ebre, la	Palma d'Ebre, la	Palma d'Ebre, la
RIPOLLES	Ribes de Freser	Planoles	Toses	Toses	Toses
SEGARRA	Oluges, les	Cervera	Sanaüja	Sanaüja	Sanaüja
SEGRIÀ	Lleida	Lleida	Almatret	Almatret	Almatret
SELVA	Sant Feliu de Buixalleu	Santa Coloma de Farners	Susqueda	Fogars de la Selva	Susqueda
SOLSONÈS	Solsona	Solsona	Castellar de la Ribera	Castellar de la Ribera	Lladurs
TARRAGONÈS	Catllar, el	Nou de Gaià, la	Salou	Salou	Salou
TERRA ALTA	Gandesa	Gandesa	Arnes	Arnes	Arnes
URGELL	Vilagrassa	Anglesola	Castellserà	Castellserà	Castellserà
VALLÈS OCCIDENTAL	Sabadell	Terrassa	Gallifa	Gallifa	Gallifa
VALLÈS ORIENTAL	Franqueses del Vallès, les	Granollers	Montseny	Sant Feliu de Codines	Montseny

**Taula B.1.3.** Distàncies mitjanes en funció dels mètodes utilitzats. Font: pròpia.

COMARCA	DIST. MITJANA CENTRE GRAVETAT	DIST. MITJANA CLOSENESS	DIST. MITJANA BETWENESS	DIST. MITJANA PAGE RANK	DIST. MITJANA EIGEN VECTOR	DIST. MITJANA DEGREE
ALT CAMP	14,83	14,38	14,38	23,37	23,37	17,85
ALT EMPORDÀ	19,60	16,43	16,43	24,13	24,13	24,13
ALT PENEDES	6,82	6,68	6,68	13,67	13,67	13,67
ALT URGELL	11,59	11,26	11,26	21,03	21,03	21,03
ALTA RIBAGORÇA	10,62	10,09	10,62	22,42	22,42	22,42
ANOIA	9,83	9,78	10,75	22,29	22,29	22,29
ARAN	10,28	8,90	10,28	11,20	11,20	11,20
BAGES	14,73	14,32	20,05	24,78	24,78	24,78
BAIX CAMP	14,10	14,02	14,10	31,23	31,23	31,23
BAIX EBRE	11,93	10,62	12,03	16,24	16,24	14,72
BAIX EMPORDÀ	17,26	10,65	12,43	18,56	18,56	18,56
BAIX LLOBREGAT	8,67	7,64	9,21	13,25	13,25	13,25
BAIX PENEDES	8,18	7,28	8,82	14,67	14,67	14,67
BARCELONES	9,73	8,48	11,09	18,12	19,36	18,12
BERGUEDA	13,95	13,83	15,77	31,91	31,91	31,91
CERDANYA	8,62	7,51	9,01	11,56	11,56	11,56
CONCA BARBERÀ	16,94	15,61	17,37	17,87	17,87	17,43
GARRAF	13,88	12,78	14,56	21,26	21,63	21,26
GARRIGUES	17,12	16,79	17,12	20,18	20,18	20,18
GARROTXA	11,62	11,21	12,47	20,15	20,15	20,15
GIRONÈS	16,45	15,52	16,03	27,91	17,21	27,90
MARESME	13,31	10,82	12,37	22,72	22,73	22,72
MOIANÈS	11,29	11,29	11,29	19,44	19,44	19,44
MONTSIÀ	12,98	12,78	12,98	19,44	20,90	19,44
NOGUERA	8,13	8,69	8,130	21,40	21,40	21,40
OSONA	18,09	18,12	28,17	23,11	23,11	23,11
PALLARS JUSSÀ	10,09	10,25	11,27	25,94	25,94	25,94
PALLARS SOBIRÀ	21,48	22,02	34,34	40,34	40,34	40,34
PLA DE L'ESTANY	14,22	14,27	14,27	22,60	22,60	22,60
PLA D'URGELL	13,46	13,79	18,40	28,62	28,62	28,62
PRIORAT	13,90	14,31	18,26	26,51	26,51	26,51
RIBERA D'EBRE	11,18	11,20	13,00	19,22	19,22	19,22
RIPOLLES	14,34	14,34	14,34	15,28	15,28	18,26

SEGARRA	9,46	9,46	9,46	14,39	14,41	14,39
SEGRIÀ	7,68	7,68	7,68	14,71	14,71	14,71
SELVA	17,06	17,06	17,06	37,23	37,23	37,23
SOLSONÈS	14,47	14,47	14,47	19,66	19,66	15,77
TARRAGONÈS	13,38	13,38	13,38	23,86	23,86	23,86
TERRA ALTA	11,07	11,07	11,57	25,10	25,10	25,10
URGELL	12,19	12,19	13,06	27,18	27,18	27,18
VALLÈS OCCIDENTAL	13,48	13,48	14,70	20,35	20,35	20,35
VALLÈS ORIENTAL	8,79	8,79	10,62	18,52	18,52	18,52

**Taula B.1.4.** Poblacions que acolliràn el centre de distribució. Font: pròpia.

COMARCA	RESULTAT
ALT CAMP	Puigpelat
ALT EMPORDÀ	Figueres
ALT PENEDES	Puigdàber
ALT URGELL	Ribera d'Urgellet
ALTA RIBAGORÇA	Vilaller
ANOIA	Igualada
ARAN	Bòrdes, Es
BAGES	Santpedor
BAIX CAMP	Borges del Camp, les
BAIX EBRE	Tortosa
BAIX EMPORDÀ	Ullastret
BAIX LLOBREGAT	Palma de Cervelló, la
BAIX PENEDES	Sant Jaume dels Domenys
BARCELONES	Santa Coloma de Gramenet
BERGUEDA	Berga
CERDANYA	Isòvol
CONCA BARBERÀ	Solivella
GARRAF	Sant Pere de Ribes
GARRIGUES	Cervià de les Garrigues
GARROTXA	Castellfollit de la Roca
GIRONÈS	Girona
MARESME	Caldes d'Estrac
MOIANÈS	Moià
MONTSIÀ	Freginals
NOGUERA	Sentiu de Sió, la
OSONA	Gurb
PALLARS JUSSÀ	Salàs de Pallars

PALLARS SOBIRÀ	Llavorsí
PLA DE L'ESTANY	Banyoles
PLA D'URGELL	Mollerussa
PRIORAT	Gratallops
RIBERA D'EBRE	Garcia
RIPOLLÈS	Ribes de Freser
SEGARRÀ	Oluges, les
SEGRIÀ	Lleida
SELVA	Sant Feliu de Buixalleu
SOLSONÈS	Solsona
TARRAGONÈS	Catllar, el
TERRA ALTA	Gandesa
URGELL	Vilagrassa
VALLÈS OCCIDENTAL	Sabadell
VALLÈS ORIENTAL	Franqueses del Vallès, les

**Taula B.1.5.** Resultats obtinguts del IOC. Font: pròpia.

ORDRE COMARQUES	NODE CENTRAL	IOC (-)
PALLARS SOBIRÀ	Llavorsí	38,55
ARAN	Bòrdes, Es	34,75
BARCELONÈS	Santa Coloma de Gramenet	32,68
BERGUEDA	Berga	31,97
VALLÈS OCCIDENTAL	Sabadell	31,71
SOLSONÈS	Solsona	31,06
ALT URGELL	Ribera d'Urgellet	30,83
RIPOLLÈS	Ribes de Freser	30,40
OSONA	Gurb	29,93
CONCA BARBERÀ	Solivella	29,50
ANOIA	Igualada	29,23
CERDANYA	Isòvol	28,74
BAGES	Santpedor	28,72
BAIX LLOBREGAT	Palma de Cervelló, la	28,66
SELVA	Sant Feliu de Buixalleu	28,57
MARESME	Caldes d'Estrac	28,36
VALLÈS ORIENTAL	Franqueses del Vallès, les	28,25
BAIX CAMP	Borges del Camp, les	28,15
NOGUERA	Sentiu de Sió, la	27,99
PALLARS JUSSÀ	Salàs de Pallars	27,82
SEGRIÀ	Lleida	27,64
GARROTXA	Castellfollit de la Roca	26,42
ALT EMPORDÀ	Figueres	26,17
GIRONÈS	Girona	26,01
MOIANÈS	Moià	25,88

ALT CAMP	Puigpelat	24,63
SEGARRA	Oluges, les	24,09
ALT PENEDES	Puigdàlber	23,97
TARRAGONÈS	Catllar, el	23,87
GARRAF	Sant Pere de Ribes	23,67
ALTA RIBAGORÇA	Vilaller	23,57
BAIX EBRE	Tortosa	23,49
GARRIGUES	Cervià de les Garrigues	23,37
BAIX PENEDES	Sant Jaume dels Domenys	23,15
PRIORAT	Gratallops	23,07
URGELL	Vilagrassa	22,99
MONTSIÀ	Freginals	22,41
BAIX EMPORDÀ	Ullastret	21,75
RIBERA D'EBRE	Garcia	21,52
TERRA ALTA	Gandesa	21,08
PLA DE L'ESTANY	Banyoles	20,03
PLA D'URGELL	Mollerussa	19,01

**Taula B.1.6.** Càlculs dels nombres de paquets en funció dels ingressos nets de les llars. Font: propria.

COMARQUES	ÀMBIT	RENTA ANUAL NETA DE LES LLARS (€)	RENTA MENSUAL NETA DE LES LLARS (€)	Nº de paquets per 3 mesos	Nº de paquets per dia
ALT CAMP	Camp de Tarragona	28.405,30	2367,10	550.781	18359,36
ALT EMPORDÀ	Comarques Gironines	28.163,00	2346,91	550.781	18359,36
ALT PENEDES	Penedès	32.056,20	2671,35	709.732	23657,73
ALT URGELL	Alt Pirineu i Aran	21.248,40	1770,7	550.781	18359,36
ALTA RIBAGORÇA	Alt Pirineu i Aran	21.248,40	1770,7	550.781	18359,36
ANOIA	Penedès	32.056,20	2671,35	709.732	23657,73
ARAN	Alt Pirineu i Aran	21.248,40	1770,7	550.781	18359,36
BAGES	Comarques Centrals	25.793,60	2149,46	550.781	18359,36
BAIX CAMP	Camp de Tarragona	28.405,30	2367,10	550.781	18359,36
BAIX EBRE	Terres de l'Ebre	21.525,00	1793,75	550.781	18359,36
BAIX EMPORDÀ	Comarques Gironines	28.163,00	2346,91	550.781	18359,36
BAIX LLOBREGAT	Metropolità	32.861,90	2738,49	709.732	23657,73

BAIX PENEDES	Penedès	32.056,20	2671,35	709.732	23657,73
BARCELONÈS	Metropolità	32.861,90	2738,49	709.732	23657,73
BERGUEDÀ	Comarques Centrals	25.793,60	2149,47	550.781	18359,36
CERDANYA	Alt Pirineu i Aran	21.248,40	1770,7	550.781	18359,36
CONCA BARBERÀ	Camp de Tarragona	28.405,30	2367,10	550.781	18359,36
GARraf	Penedès	32.056,20	2671,35	709.732	23657,73
GARRIGUES	Ponent	28.875,10	2406,25	550.781	18359,36
GARROTXA	Comarques Gironines	28.163,00	2346,91	550.781	18359,36
GIRONÈS	Comarques Gironines	28.163,00	2346,91	550.781	18359,36
MARESME	Metropolità	32.861,90	2738,49	709.732	23657,73
MOIANÈS	Comarques Centrals	25.793,60	2149,46	550.781	18359,36
MONTSIÀ	Terres de l'Ebre	21.525,00	1793,75	550.781	18359,36
NOGUERA	Ponent	28.875,10	2406,25	550.781	18359,36
OSONA	Comarques Centrals	25.793,60	2149,46	550.781	18359,36
PALLARS JUSSÀ	Alt Pirineu i Aran	21.248,40	1770,7	550.781	18359,36
PALLARS SOBIRÀ	Alt Pirineu i Aran	21.248,40	1770,7	550.781	18359,36
PLA DE L'ESTANY	Comarques Gironines	28.163,00	2346,91	550.781	18359,36
PLA D'URGELL	Ponent	28.875,10	2406,25	550.781	18359,36
PRIORAT	Camp de Tarragona	28.405,30	2367,10	550.781	18359,36
RIBERA D'EBRE	Terres de l'Ebre	21.525,00	1793,75	550.781	18359,36
RIPOLLES	Comarques Gironines	28.163,00	2346,91	550.781	18359,36
SEGARRA	Ponent	28.875,10	2406,25	550.781	18359,36
SEGRIÀ	Ponent	28.875,10	2406,25	550.781	18359,36
SELVA	Comarques Gironines	28.163,00	2346,91	550.781	18359,36
SOLSONÈS	Comarques Centrals	25.793,60	2149,46	550.781	18359,36
TARRAGONÈS	Camp de Tarragona	28.405,30	2367,10	550.781	18359,36
TERRA ALTA	Terres de l'Ebre	21.525,00	1793,75	550.781	18359,36
URGELL	Ponent	28.875,10	2406,25	550.781	18359,36
VALLÈS OCCIDENTAL	Metropolità	32.861,90	2738,49	709.732	23657,73
VALLÈS ORIENTAL	Metropolità	32.861,90	2738,49	709.732	23657,73

**Taula B.1.7.** Càlculs dels nombres de paquets en funció de la població de les ciutats. Font: pròpia.

COMARQUES	Nº Poblacions >100.000 i capitals de prov.	Nº Poblacions de 50000 a 100000	Nº Poblacions de 20000 a 50000	Nº Poblacions de 10000 a 20000	Nº Poblacions <10000	Nº de paquets per 3 mesos	Nº de paquets per dia
ALT CAMP	0	0	1	0	22	10434650	115940,6
ALT EMPORDÀ	0	0	1	3	64	30618110	340201,2
ALT Penedès	0	0	1	1	25	12133655	134818,4
ALT URGELL	0	0	0	1	18	8556480	95072
ALTA RIBAGORÇA	0	0	0	0	3	1371495	15238,83
ANOIA	0	0	1	3	29	14617335	162414,8
ARAN	0	0	0	0	9	4114485	45716,5
BAGES	0	1	0	1	28	13385024	148722,5
BAIX CAMP	1	0	1	1	25	13201584	146684,3
BAIX EBRE	0	0	1	1	12	6190510	68783,44
BAIX EMPORDÀ	0	0	2	5	29	15649375	173881,9
BAIX LLOBREGAT	0	5	10	5	10	11263870	125154,1
BAIX Penedès	0	0	2	1	11	6110365	67892,94
BARCELONÈS	4	0	1	0	0	4648736	51652,62
BERGUEDÀ	0	0	0	1	30	14042460	156027,3
CERDANYA	0	0	0	0	17	7771805	86353,39
CONCA BARBERÀ	0	0	0	0	22	10057630	111751,4
GARRAF	0	1	2	1	2	2252774	25030,82
GARRIGUES	0	0	0	0	24	10971960	121910,7
GARROTXA	0	0	1	0	20	9520320	105781,3
GIRONÈS	1	0	1	1	24	12744419	141604,7
MARESME	0	1	0	4	9	5681419	63126,88
MOIANÈS	0	0	0	0	10	4571650	50796,11
MONTSIÀ	0	0	1	1	10	5276180	58624,22
NOGUERA	0	0	0	1	29	13585295	150947,7
OSONA	0	0	2	1	47	22568305	250758,9
PALLARS JUSSÀ	0	0	0	0	14	6400310	71114,56
PALLARS SOBIRÀ	0	0	0	0	15	6857475	76194,17
PLA DE L'ESTANY	0	0	1	0	10	4948670	54985,22

PLA D'URGELL	0	0	0	1	15	7184985	79833,17
PRIORAT	0	0	0	0	23	10514795	116831,1
RIBERA D'EBRE	0	0	0	0	23	10514795	116831,1
RIPOLLES	0	0	0	1	18	8556480	95072
SEGARRA	0	0	0	0	21	9600465	106671,8
SEGRÌÀ	1	0	0	0	37	17983034	199811,5
SELVA	0	0	2	1	23	11596345	128848,3
SOLSONÈS	0	0	0	0	15	6857475	76194,17
TARRAGONÈS	1	0	2	1	18	10378449	115316,1
TERRA ALTA	0	0	0	0	12	5485980	60955,33
URGELL	0	0	0	1	19	9013645	100151,6
VALLÈS OCCIDENTAL	2	3	6	3	9	10265675	114063,1
VALLÈS ORIENTAL	0	2	1	11	25	15922543	176917,1

**Taula B.1.8.** Cost mensual per culpa de la retribució del personal. Font: pròpia.

COMARQUES	Nº EMPLEATS MAGATZEM	Nº EMPLEATS DRON	COST MENSUAL NÒMINES EMPLEATS
ALT CAMP	3	77	<b>429.006,50 €</b>
ALT EMPORDÀ	4	234	<b>1.279.404,50 €</b>
ALT Penedès	3	73	<b>407.406,50 €</b>
ALT URGELL	3	59	<b>331.806,50 €</b>
ALTA RIBAGORÇA	3	11	<b>72.606,50 €</b>
ANOIA	3	95	<b>526.206,50 €</b>
ARAN	3	28	<b>164.406,50 €</b>
BAGES	3	98	<b>542.406,50 €</b>
BAIX CAMP	3	96	<b>531.606,50 €</b>
BAIX EBRE	3	42	<b>240.006,50 €</b>
BAIX EMPORDÀ	3	104	<b>574.806,50 €</b>
BAIX LLOBREGAT	3	70	<b>391.206,50 €</b>
BAIX PENEDES	3	38	<b>218.406,50 €</b>
BARCELONÈS	3	31	<b>180.606,50 €</b>
BERGUEDA	3	102	<b>564.006,50 €</b>
CERDANYA	3	48	<b>272.406,50 €</b>
CONCA BARBERÀ	3	77	<b>429.006,50 €</b>
GARRAF	3	18	<b>110.406,50 €</b>
GARRIGUES	3	86	<b>477.606,50 €</b>
GARROTXA	3	65	<b>364.206,50 €</b>

GIRONÈS	3	97	<b>537.006,50 €</b>
MARESME	3	40	<b>229.206,50 €</b>
MOIANÈS	3	33	<b>191.406,50 €</b>
MONTSIÀ	3	39	<b>223.806,50 €</b>
NOGUERA	3	84	<b>466.806,50 €</b>
OSONA	4	180	<b>987.804,50 €</b>
PALLARS JUSSÀ	3	43	<b>245.406,50 €</b>
PALLARS SOBIRÀ	3	61	<b>342.606,50 €</b>
PLA DE L'ESTANY	3	38	<b>218.406,50 €</b>
PLA D'URGELL	3	53	<b>299.406,50 €</b>
PRIORAT	3	77	<b>429.006,50 €</b>
RIBERA D'EBRE	3	72	<b>402.006,50 €</b>
RIPOLLÈS	3	64	<b>358.806,50 €</b>
SEGARRA	3	62	<b>348.006,50 €</b>
SEGRIÀ	3	109	<b>601.806,50 €</b>
SELVA	3	91	<b>504.606,50 €</b>
SOLSONÈS	3	52	<b>294.006,50 €</b>
TARRAGONÈS	3	75	<b>418.206,50 €</b>
TERRA ALTA	3	38	<b>218.406,50 €</b>
URGELL	3	63	<b>353.406,50 €</b>
VALLÈS OCCIDENTAL	3	75	<b>418.206,50 €</b>
VALLÈS ORIENTAL	3	101	<b>558.606,50 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>128</b>	<b>2999</b>	<b>16.754.469,00 €</b>

**Taula B.1.9.** Nombre de UAS necessaris. Font: pròpia.

COMARQUES	Nº PAQUETS/DIA	Nº PAQUETS/DIA SEGONS QUOTA DE MERCAT	DISTÀNCIA MITJANA (Km)	Nº VIATGES DIA/UAS	UAS NECESSARIS
ALT CAMP	1169964,62	1169,96	14,388	15,23	<b>77</b>
ALT EMPORDÀ	3374805,42	3374,81	16,431	14,48	<b>234</b>
ALT Penedès	1364245,80	1364,25	6,687	18,94	<b>73</b>
ALT URGELL	964793,37	964,79	11,264	16,55	<b>59</b>
ALTA RIBAGORÇA	179905,74	179,91	10,094	17,10	<b>11</b>
ANOIA	1635562,96	1635,56	9,784	17,25	<b>95</b>
ARAN	479549,92	479,55	8,901	17,70	<b>28</b>
BAGES	1492263,43	1492,26	14,322	15,26	<b>98</b>
BAIX CAMP	1472224,44	1472,22	14,020	15,38	<b>96</b>
BAIX EBRE	706334,85	706,33	10,630	16,84	<b>42</b>
BAIX EMPORDÀ	1739621,09	1739,62	10,656	16,83	<b>104</b>

BAIX LLOBREGAT	1269230,50	1269,23	7,644	18,38	<b>70</b>
BAIX PENEDES	706261,71	706,26	7,282	18,59	<b>38</b>
BARCELONÈS	546593,39	546,59	8,481	17,92	<b>31</b>
BERGUEDA	1564081,72	1564,08	13,830	15,45	<b>102</b>
CERDANYA	879075,49	879,08	7,514	18,45	<b>48</b>
CONCA BARBERÀ	1128778,97	1128,78	15,612	14,77	<b>77</b>
GARRAF	284858,54	284,86	12,780	15,88	<b>18</b>
GARRIGUES	1228660,36	1228,66	16,796	14,36	<b>86</b>
GARROTXA	1070083,23	1070,08	11,211	16,57	<b>65</b>
GIRONÈS	1422283,75	1422,28	15,528	14,80	<b>97</b>
MARESME	659403,66	659,40	10,824	16,75	<b>40</b>
MOIANÈS	529490,61	529,49	11,293	16,53	<b>33</b>
MONTSIÀ	606453,46	606,45	12,789	15,88	<b>39</b>
NOGUERA	1514141,03	1514,14	8,130	18,11	<b>84</b>
OSONA	2495444,87	2495,44	18,091	13,92	<b>180</b>
PALLARS JUSSÀ	729253,40	729,25	10,095	17,10	<b>43</b>
PALLARS SOBIRÀ	779194,09	779,19	21,486	12,91	<b>61</b>
PLA DE L'ESTANY	570676,27	570,68	14,227	15,30	<b>38</b>
PLA D'URGELL	814971,28	814,97	13,465	15,60	<b>53</b>
PRIORAT	1178719,66	1178,72	13,906	15,42	<b>77</b>
RIBERA D'EBRE	1178719,66	1178,72	11,182	16,58	<b>72</b>
RIPOLLES	964793,37	964,79	14,342	15,25	<b>64</b>
SEGARRA	1078838,27	1078,84	9,464	17,41	<b>62</b>
SEGRÌA	1994549,95	1994,55	7,687	18,36	<b>109</b>
SELVA	1296868,16	1296,87	17,063	14,26	<b>91</b>
SOLSONÈS	779194,09	779,19	14,473	15,20	<b>52</b>
TARRAGONÈS	1163825,23	1163,83	13,382	15,63	<b>75</b>
TERRA ALTA	629372,01	629,37	11,078	16,63	<b>38</b>
URGELL	1014734,06	1014,73	12,193	16,13	<b>63</b>
VALLÈS OCCIDENTAL	1160187,70	1160,19	13,490	15,59	<b>75</b>
VALLÈS ORIENTAL	1778143,86	1778,14	8,797	17,75	<b>101</b>

**Taula B.1.10.** Superfície necessària per a cada centre. Font: pròpia.

COMARQUES	Nº PAQUETS/DIA SEGONS QUOTA DE MERCAT	VOLUM QUE OCUPEN ELS PAQUETS	<i>m<sup>2</sup></i> NECESSÀRIS
ALT CAMP	1169,96	17.549	256
ALT EMPORDÀ	3374,81	50.622	362
ALT PENEDES	1364,25	20.464	265

COMARQUES	INVERSIÓ EN UASs	INVERSIÓ EN CENTRES DE	TOTAL
ALT URGELL	964,79	14.472	246
ALTA RIBAGORÇA	179,91	2.699	209
ANOIA	1635,56	24.533	279
ARAN	479,55	7.193	223
BAGES	1492,26	22.384	272
BAIX CAMP	1472,22	22.083	271
BAIX EBRE	706,33	10.595	234
BAIX EMPORDÀ	1739,62	26.094	284
BAIX LLOBREGAT	1269,23	19.038	261
BAIX PENEDES	706,26	10.594	234
BARCELONÈS	546,59	8.199	226
BERGUEDA	1564,08	23.461	275
CERDANYA	879,08	13.186	242
CONCA BARBERÀ	1128,78	16.932	254
GARRAF	284,86	4.273	214
GARRIGUES	1228,66	18.430	259
GARROTXA	1070,08	16.051	251
GIRONÈS	1422,28	21.334	268
MARESME	659,40	9.891	232
MOIANÈS	529,49	7.942	225
MONTSIÀ	606,45	9.097	229
NOGUERA	1514,14	22.712	273
OSONA	2495,44	37.432	320
PALLARS JUSSÀ	729,25	10.939	235
PALLARS SOBIRÀ	779,19	11.688	237
PLA DE L'ESTANY	570,68	8.560	227
PLA D'URGELL	814,97	12.225	239
PRIORAT	1178,72	17.681	257
RIBERA D'EBRE	1178,72	17.681	257
RIPOLLES	964,79	14.472	246
SEGARRA	1078,84	16.183	252
SEGRIÀ	1994,55	29.918	296
SELVA	1296,87	19.453	262
SOLSONÈS	779,19	11.688	237
TARRAGONÈS	1163,83	17.457	256
TERRA ALTA	629,37	9.441	230
URGELL	1014,73	15.221	249
VALLÈS OCCIDENTAL	1160,19	17.403	256
VALLÈS ORIENTAL	1778,14	26.672	285

**Taula B.1.11.** Cost de la inversió inicial. Font: pròpia.

COMARQUES	INVERSIÓ EN UASs	INVERSIÓ EN CENTRES DE	TOTAL

ALT CAMP	15.400,00 €	177.261,54 €	<b>192.661,54 €</b>
ALT EMPORDÀ	46.800,00 €	250.497,54 €	<b>297.297,54 €</b>
ALT Penedès	14.600,00 €	183.714,79 €	<b>198.314,79 €</b>
ALT URGELL	11.800,00 €	170.446,58 €	<b>182.246,58 €</b>
ALTA RIBAGORÇA	2.200,00 €	144.375,75 €	<b>146.575,75 €</b>
ANOIA	19.000,00 €	192.726,86 €	<b>211.726,86 €</b>
ARAN	5.600,00 €	154.328,73 €	<b>159.928,73 €</b>
BAGES	19.600,00 €	187.967,02 €	<b>207.567,02 €</b>
BAIX CAMP	19.200,00 €	187.301,41 €	<b>206.501,41 €</b>
BAIX EBRE	8.400,00 €	161.861,62 €	<b>170.261,62 €</b>
BAIX EMPORDÀ	20.800,00 €	196.183,25 €	<b>216.983,25 €</b>
BAIX LLOBREGAT	14.000,00 €	180.558,76 €	<b>194.558,76 €</b>
BAIX Penedès	7.600,00 €	161.859,19 €	<b>169.459,19 €</b>
BARCELONÈS	6.200,00 €	156.555,65 €	<b>162.755,65 €</b>
BERGUEDA	20.400,00 €	190.352,54 €	<b>210.752,54 €</b>
CERDANYA	9.600,00 €	167.599,37 €	<b>177.199,37 €</b>
CONCA BARBERÀ	15.400,00 €	175.893,52 €	<b>191.293,52 €</b>
GARRAF	3.600,00 €	147.861,86 €	<b>151.461,86 €</b>
GARRIGUES	17.200,00 €	179.211,18 €	<b>196.411,18 €</b>
GARROTXA	13.000,00 €	173.943,88 €	<b>186.943,88 €</b>
GIRONÈS	19.400,00 €	185.642,58 €	<b>205.042,58 €</b>
MARESME	8.000,00 €	160.302,75 €	<b>168.302,75 €</b>
MOIANÈS	6.600,00 €	155.987,56 €	<b>162.587,56 €</b>
MONTSIÀ	7.800,00 €	158.543,96 €	<b>166.343,96 €</b>
NOGUERA	16.800,00 €	188.693,71 €	<b>205.493,71 €</b>
OSONA	36.000,00 €	221.288,70 €	<b>257.288,70 €</b>
PALLARS JUSSÀ	8.600,00 €	162.622,88 €	<b>171.222,88 €</b>
PALLARS SOBIRÀ	12.200,00 €	164.281,71 €	<b>176.481,71 €</b>
PLA DE L'ESTANY	7.600,00 €	157.355,58 €	<b>164.955,58 €</b>
PLA D'URGELL	10.600,00 €	165.470,09 €	<b>176.070,09 €</b>
PRIORAT	15.400,00 €	177.552,35 €	<b>192.952,35 €</b>
RIBERA D'EBRE	14.400,00 €	177.552,35 €	<b>191.952,35 €</b>
RIPOLLÈS	12.800,00 €	170.446,58 €	<b>183.246,58 €</b>
SEGARRA	12.400,00 €	174.234,69 €	<b>186.634,69 €</b>
SEGRIÀ	21.800,00 €	204.650,97 €	<b>226.450,97 €</b>
SELVA	18.200,00 €	181.476,77 €	<b>199.676,77 €</b>
SOLSONÈS	10.400,00 €	164.281,71 €	<b>174.681,71 €</b>
TARRAGONÈS	15.000,00 €	177.057,62 €	<b>192.057,62 €</b>
TERRA ALTA	7.600,00 €	159.305,22 €	<b>166.905,22 €</b>
URGELL	12.600,00 €	172.105,41 €	<b>184.705,41 €</b>
VALLÈS OCCIDENTAL	15.000,00 €	176.936,79 €	<b>191.936,79 €</b>
VALLÈS ORIENTAL	20.200,00 €	197.462,83 €	<b>217.662,83 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>599.800,00 €</b>	<b>7.393.753,85 €</b>	<b>7.993.553,85 €</b>

**Taula B.1.12.** Amortització mensual del cost de la inversió inicial desglossat en el dedicat als centres i a les aeronaus. Font: pròpia.

COMARQUES	AMORTITZACIÓ MENUSAL CENTRES	AMORTITZACIÓ MENUSAL UAS	TOTAL
ALT CAMP	760,75 €	660,92 €	<b>1.421,67 €</b>
ALT EMPORDÀ	1.075,05 €	2.008,50 €	<b>3.083,55 €</b>
ALT Penedès	788,44 €	626,58 €	<b>1.415,02 €</b>
ALT URGELL	731,50 €	506,42 €	<b>1.237,92 €</b>
ALTA RIBAGORÇA	619,61 €	94,42 €	<b>714,03 €</b>
ANOIA	827,12 €	815,42 €	<b>1.642,54 €</b>
ARAN	662,33 €	240,33 €	<b>902,66 €</b>
BAGES	806,69 €	841,17 €	<b>1.647,86 €</b>
BAIX CAMP	803,84 €	824,00 €	<b>1.627,84 €</b>
BAIX EBRE	694,66 €	360,50 €	<b>1.055,16 €</b>
BAIX EMPORDÀ	841,95 €	892,67 €	<b>1.734,62 €</b>
BAIX LLOBREGAT	774,90 €	600,83 €	<b>1.375,73 €</b>
BAIX PENEDES	694,65 €	326,17 €	<b>1.020,82 €</b>
BARCELONÈS	671,88 €	266,08 €	<b>937,96 €</b>
BERGUEDA	816,93 €	875,50 €	<b>1.692,43 €</b>
CERDANYA	719,28 €	412,00 €	<b>1.131,28 €</b>
CONCA BARBERÀ	754,88 €	660,92 €	<b>1.415,80 €</b>
GARRAF	634,57 €	154,50 €	<b>789,07 €</b>
GARRIGUES	769,11 €	738,17 €	<b>1.507,28 €</b>
GARROTXA	746,51 €	557,92 €	<b>1.304,43 €</b>
GIRONÈS	796,72 €	832,58 €	<b>1.629,30 €</b>
MARESME	687,97 €	343,33 €	<b>1.031,30 €</b>
MOIANÈS	669,45 €	283,25 €	<b>952,70 €</b>
MONTSIÀ	680,42 €	334,75 €	<b>1.015,17 €</b>
NOGUERA	809,81 €	721,00 €	<b>1.530,81 €</b>
OSONA	949,70 €	1.545,00 €	<b>2.494,70 €</b>
PALLARS JUSSÀ	697,92 €	369,08 €	<b>1.067,00 €</b>
PALLARS SOBIRÀ	705,04 €	523,58 €	<b>1.228,62 €</b>
PLA DE L'ESTANY	675,32 €	326,17 €	<b>1.001,49 €</b>
PLA D'URGELL	710,14 €	454,92 €	<b>1.165,06 €</b>
PRIORAT	762,00 €	660,92 €	<b>1.422,92 €</b>
RIBERA D'EBRE	762,00 €	618,00 €	<b>1.380,00 €</b>
RIPOLLÈS	731,50 €	549,33 €	<b>1.280,83 €</b>
SEGARRA	747,76 €	532,17 €	<b>1.279,93 €</b>
SEGRIÀ	878,29 €	935,58 €	<b>1.813,87 €</b>
SELVA	778,84 €	781,08 €	<b>1.559,92 €</b>
SOLSONÈS	705,04 €	446,33 €	<b>1.151,37 €</b>
TARRAGONÈS	759,87 €	643,75 €	<b>1.403,62 €</b>
TERRA ALTA	683,68 €	326,17 €	<b>1.009,85 €</b>
URGELL	738,62 €	540,75 €	<b>1.279,37 €</b>

VALLÈS OCCIDENTAL	759,35 €	643,75 €	<b>1.403,10 €</b>
VALLÈS ORIENTAL	847,44 €	866,92 €	<b>1.714,36 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>31.731,53 €</b>	<b>25.741,43 €</b>	<b>57.472,96 €</b>

**Taula B.1.13.** Costos en manteniment i subministraments. Font: pròpia.

COMARQUES	MANTENIMENT MENUSAL CENTRES	MANTENIMENT MENSUAL UAS	COST ENERGÈTIC UAS	TOTAL
ALT CAMP	738,59 €	27,54 €	381,56 €	<b>1.147,69 €</b>
ALT EMPORDÀ	1.043,74 €	83,69 €	1.159,54 €	<b>2.286,97 €</b>
ALT Penedès	765,48 €	26,11 €	361,74 €	<b>1.153,33 €</b>
ALT URGELL	710,19 €	21,10 €	292,36 €	<b>1.023,65 €</b>
ALTA RIBAGORÇA	601,57 €	3,93 €	54,51 €	<b>660,01 €</b>
ANOIA	803,03 €	33,98 €	470,75 €	<b>1.307,76 €</b>
ARAN	643,04 €	10,01 €	138,75 €	<b>791,80 €</b>
BAGES	783,20 €	35,05 €	485,62 €	<b>1.303,87 €</b>
BAIX CAMP	780,42 €	34,33 €	475,71 €	<b>1.290,46 €</b>
BAIX EBRE	674,42 €	15,02 €	208,12 €	<b>897,56 €</b>
BAIX EMPORDÀ	817,43 €	37,19 €	515,35 €	<b>1.369,97 €</b>
BAIX LLOBREGAT	752,33 €	25,03 €	346,87 €	<b>1.124,24 €</b>
BAIX Penedès	674,41 €	13,59 €	188,30 €	<b>876,30 €</b>
BARCELONÈS	652,32 €	11,08 €	153,61 €	<b>817,02 €</b>
BERGUEDA	793,14 €	36,47 €	505,44 €	<b>1.335,06 €</b>
CERDANYA	698,33 €	17,16 €	237,85 €	<b>953,35 €</b>
CONCA BARBERÀ	732,89 €	27,53 €	381,56 €	<b>1.141,99 €</b>
GARRAF	616,09 €	6,43 €	89,20 €	<b>711,73 €</b>
GARRIGUES	746,71 €	30,75 €	426,15 €	<b>1.203,62 €</b>
GARROTXA	724,77 €	23,24 €	322,09 €	<b>1.070,11 €</b>
GIRONÈS	773,51 €	34,69 €	480,66 €	<b>1.288,86 €</b>
MARESME	667,93 €	14,30 €	198,21 €	<b>880,45 €</b>
MOIANÈS	649,95 €	11,80 €	163,52 €	<b>825,27 €</b>
MONTSIÀ	660,60 €	13,94 €	193,26 €	<b>867,81 €</b>
NOGUERA	786,22 €	30,04 €	416,24 €	<b>1.232,50 €</b>
OSONA	922,04 €	64,37 €	891,95 €	<b>1.878,37 €</b>
PALLARS JUSSÀ	677,60 €	15,37 €	213,08 €	<b>906,06 €</b>
PALLARS SOBIRÀ	684,51 €	21,81 €	302,27 €	<b>1.008,60 €</b>
PLA DE L'ESTANY	655,65 €	13,59 €	188,30 €	<b>857,54 €</b>
PLA D'URGELL	689,46 €	18,95 €	262,63 €	<b>971,05 €</b>
PRIORAT	739,80 €	27,53 €	381,56 €	<b>1.148,90 €</b>
RIBERA D'EBRE	739,80 €	25,75 €	356,78 €	<b>1.122,33 €</b>
RIPOLLES	710,19 €	22,88 €	317,14 €	<b>1.050,22 €</b>
SEGARRA	725,98 €	22,17 €	307,23 €	<b>1.055,38 €</b>
SEGRÌA	852,71 €	38,98 €	540,13 €	<b>1.431,82 €</b>
SELVA	756,15 €	32,54 €	450,93 €	<b>1.239,63 €</b>

SOLSONÈS	684,51 €	18,59 €	257,67 €	<b>960,78 €</b>
TARRAGONÈS	737,74 €	26,82 €	371,65 €	<b>1.136,21 €</b>
TERRA ALTA	663,77 €	13,59 €	188,30 €	<b>865,66 €</b>
URGELL	717,11 €	22,53 €	312,18 €	<b>1.051,82 €</b>
VALLÈS OCCIDENTAL	737,24 €	26,82 €	371,65 €	<b>1.135,71 €</b>
VALLÈS ORIENTAL	822,76 €	36,12 €	500,48 €	<b>1.359,36 €</b>
<b>TOTAL</b>	<b>30.807,33 €</b>	<b>1.072,56 €</b>	<b>14.860,90 €</b>	<b>46.740,79 €</b>

**Taula B.1.14.** Cost total de cada comarca. Font: pròpia.

COMARQUES	COST MENSUAL COMARCA
ALT CAMP	431.575,85 €
ALT EMPORDÀ	1.284.775,01 €
ALT Penedès	409.974,85 €
ALT URGELL	334.068,07 €
ALTA RIBAGORÇA	73.980,54 €
ANOIA	529.156,79 €
ARAN	166.100,96 €
BAGES	545.358,22 €
BAIX CAMP	534.524,80 €
BAIX EBRE	241.959,22 €
BAIX EMPORDÀ	577.911,09 €
BAIX LLOBREGAT	393.706,46 €
BAIX Penedès	220.303,62 €
BARCELONÈS	182.361,48 €
BERGUEDA	567.033,98 €
CERDANYA	274.491,13 €
CONCA BARBERÀ	431.564,28 €
GARRAF	111.907,30 €
GARRIGUES	480.317,41 €
GARROTXA	366.581,03 €
GIRONÈS	539.924,66 €
MARESME	231.118,24 €
MOIANÈS	193.184,47 €
MONTSIÀ	225.689,47 €
NOGUERA	469.569,82 €
OSONA	992.177,56 €
PALLARS JUSSÀ	247.379,56 €
PALLARS SOBIRÀ	344.843,72 €
PLA DE L'ESTANY	220.265,52 €
PLA D'URGELL	301.542,60 €
PRIORAT	431.578,31 €

RIBERA D'EBRE	404.508,83 €
RIPOLLES	361.137,55 €
SEGARRA	350.341,80 €
SEGRIÀ	605.052,20 €
SELVA	507.406,05 €
SOLSONÈS	296.118,65 €
TARRAGONÈS	420.746,33 €
TERRA ALTA	220.282,01 €
URGELL	355.737,69 €
VALLÈS OCCIDENTAL	420.745,31 €
VALLÈS ORIENTAL	561.680,23 €
<b>TOTAL</b>	<b>16.858.682,70 €</b>

**Taula B.1.15.** Cost per entrega. Font: pròpia.

COMARQUES	Nº ENTREGUES /DIA	DISTÀNCIA MITJANA (km)	COST MENSUAL COMARCA	COST ENTREGA MITJÀ
ALT CAMP	1169	14,39	431.575,85 €	<b>12,31 €</b>
ALT EMPORDÀ	3374	16,43	1.284.775,01 €	<b>12,69 €</b>
ALT Penedès	1364	6,69	409.974,85 €	<b>10,02 €</b>
ALT URGELL	964	11,26	334.068,07 €	<b>11,55 €</b>
ALTA RIBAGORÇA	179	10,09	73.980,54 €	<b>13,78 €</b>
ANOIA	1635	9,78	529.156,79 €	<b>10,79 €</b>
ARAN	479	8,90	166.100,96 €	<b>11,56 €</b>
BAGES	1492	14,32	545.358,22 €	<b>12,18 €</b>
BAIX CAMP	1472	14,02	534.524,80 €	<b>12,10 €</b>
BAIX EBRE	706	10,63	241.959,22 €	<b>11,42 €</b>
BAIX EMPORDÀ	1739	10,66	577.911,09 €	<b>11,08 €</b>
BAIX LLOBREGAT	1269	7,64	393.706,46 €	<b>10,34 €</b>
BAIX PENEDES	706	7,28	220.303,62 €	<b>10,40 €</b>
BARCELONÈS	546	8,48	182.361,48 €	<b>11,13 €</b>
BERGUEDA	1564	13,83	567.033,98 €	<b>12,09 €</b>
CERDANYA	879	7,51	274.491,13 €	<b>10,41 €</b>
CONCA BARBERÀ	1128	15,61	431.564,28 €	<b>12,75 €</b>
GARRAF	284	12,78	111.907,30 €	<b>13,13 €</b>
GARRIGUES	1228	16,80	480.317,41 €	<b>13,04 €</b>
GARROTXA	1070	11,21	366.581,03 €	<b>11,42 €</b>
GIRONÈS	1422	15,53	539.924,66 €	<b>12,66 €</b>
MARESME	659	10,82	231.118,24 €	<b>11,69 €</b>
MOIANÈS	529	11,29	193.184,47 €	<b>12,17 €</b>
MONTSIÀ	606	12,79	225.689,47 €	<b>12,41 €</b>
NOGUERA	1514	8,13	469.569,82 €	<b>10,34 €</b>
OSONA	2495	18,09	992.177,56 €	<b>13,26 €</b>
PALLARS JUSSÀ	729	10,10	247.379,56 €	<b>11,31 €</b>
PALLARS SOBIRÀ	779	21,49	344.843,72 €	<b>14,76 €</b>

PLA DE L'ESTANY	570	14,23	220.265,52 €	<b>12,88 €</b>
PLA D'URGELL	814	13,47	301.542,60 €	<b>12,35 €</b>
PRIORAT	1178	13,91	431.578,31 €	<b>12,21 €</b>
RIBERA D'EBRE	1178	11,18	404.508,83 €	<b>11,45 €</b>
RIPOLLES	964	14,34	361.137,55 €	<b>12,49 €</b>
SEGARRA	1078	9,46	350.341,80 €	<b>10,83 €</b>
SEGRÌÀ	1994	7,69	605.052,20 €	<b>10,11 €</b>
SELVA	1296	17,06	507.406,05 €	<b>13,05 €</b>
SOLSONÈS	779	14,47	296.118,65 €	<b>12,67 €</b>
TARRAGONÈS	1163	13,38	420.746,33 €	<b>12,06 €</b>
TERRA ALTA	629	11,08	220.282,01 €	<b>11,67 €</b>
URGELL	1014	12,19	355.737,69 €	<b>11,69 €</b>
VALLÈS OCCIDENTAL	1160	13,49	420.745,31 €	<b>12,09 €</b>
VALLÈS ORIENTAL	1778	8,80	561.680,23 €	<b>10,53 €</b>

**Taula B.1.16.** Ingressos en funció de l'aplicació d'un marge. Font: pròpia.

COMARQUES	COST ENTREGA MITJÀ	COST MITJÀ/KM	PREU ENTREGA 10% MARGE
ALT CAMP	12,31 €	0,86 €	<b>13,54 €</b>
ALT EMPORDÀ	12,69 €	0,77 €	<b>13,96 €</b>
ALT Penedès	10,02 €	1,50 €	<b>11,02 €</b>
ALT URGELL	11,55 €	1,03 €	<b>12,71 €</b>
ALTA RIBAGORÇA	13,78 €	1,36 €	<b>15,15 €</b>
ANOIA	10,79 €	1,10 €	<b>11,87 €</b>
ARAN	11,56 €	1,30 €	<b>12,71 €</b>
BAGES	12,18 €	0,85 €	<b>13,40 €</b>
BAIX CAMP	12,10 €	0,86 €	<b>13,31 €</b>
BAIX EBRE	11,42 €	1,07 €	<b>12,57 €</b>
BAIX EMPORDÀ	11,08 €	1,04 €	<b>12,19 €</b>
BAIX LLOBREGAT	10,34 €	1,35 €	<b>11,38 €</b>
BAIX Penedès	10,40 €	1,43 €	<b>11,44 €</b>
BARCELONÈS	11,13 €	1,31 €	<b>12,25 €</b>
BERGUEDA	12,09 €	0,87 €	<b>13,29 €</b>
CERDANYA	10,41 €	1,39 €	<b>11,45 €</b>
CONCA BARBERÀ	12,75 €	0,82 €	<b>14,03 €</b>
GARRAF	13,13 €	1,03 €	<b>14,45 €</b>
GARRIGUES	13,04 €	0,78 €	<b>14,34 €</b>
GARROTXA	11,42 €	1,02 €	<b>12,56 €</b>
GIRONÈS	12,66 €	0,82 €	<b>13,92 €</b>
MARESME	11,69 €	1,08 €	<b>12,86 €</b>
MOIANÈS	12,17 €	1,08 €	<b>13,39 €</b>
MONTSIÀ	12,41 €	0,97 €	<b>13,66 €</b>
NOGUERA	10,34 €	1,27 €	<b>11,37 €</b>

OSONA	13,26 €	0,73 €	<b>14,58 €</b>
PALLARS JUSSÀ	11,31 €	1,12 €	<b>12,44 €</b>
PALLARS SOBIRÀ	14,76 €	0,69 €	<b>16,23 €</b>
PLA DE L'ESTANY	12,88 €	0,91 €	<b>14,17 €</b>
PLA D'URGELL	12,35 €	0,92 €	<b>13,58 €</b>
PRIORAT	12,21 €	0,88 €	<b>13,43 €</b>
RIBERA D'EBRE	11,45 €	1,02 €	<b>12,59 €</b>
RIPOLLES	12,49 €	0,87 €	<b>13,74 €</b>
SEGARRA	10,83 €	1,14 €	<b>11,92 €</b>
SEGRIÀ	10,11 €	1,32 €	<b>11,13 €</b>
SELVA	13,05 €	0,76 €	<b>14,36 €</b>
SOLSONÈS	12,67 €	0,88 €	<b>13,94 €</b>
TARRAGONÈS	12,06 €	0,90 €	<b>13,27 €</b>
TERRA ALTA	11,67 €	1,05 €	<b>12,84 €</b>
URGELL	11,69 €	0,96 €	<b>12,86 €</b>
VALLÈS OCCIDENTAL	12,09 €	0,90 €	<b>13,30 €</b>
VALLÈS ORIENTAL	10,53 €	1,20 €	<b>11,58 €</b>

**Taula B.1.17.** Ingressos mensuals en funció del preu mitjà de mercat. Font: pròpia.

COMARQUES	Nº ENTREGUES/DIA	INGRESSOS ENTREGUES MENSUAL
ALT CAMP	1169	<b>87.675,00 €</b>
ALT EMPORDÀ	3374	<b>253.050,00 €</b>
ALT Penedès	1364	<b>102.300,00 €</b>
ALT URGELL	964	<b>72.300,00 €</b>
ALTA RIBAGORÇA	179	<b>13.425,00 €</b>
ANOIA	1635	<b>122.625,00 €</b>
ARAN	479	<b>35.925,00 €</b>
BAGES	1492	<b>111.900,00 €</b>
BAIX CAMP	1472	<b>110.400,00 €</b>
BAIX EBRE	706	<b>52.950,00 €</b>
BAIX EMPORDÀ	1739	<b>130.425,00 €</b>
BAIX LLOBREGAT	1269	<b>95.175,00 €</b>
BAIX PENEDES	706	<b>52.950,00 €</b>
BARCELONÈS	546	<b>40.950,00 €</b>
BERGUEDA	1564	<b>117.300,00 €</b>
CERDANYA	879	<b>65.925,00 €</b>
CONCA BARBERÀ	1128	<b>84.600,00 €</b>
GARRAF	284	<b>21.300,00 €</b>
GARRIGUES	1228	<b>92.100,00 €</b>
GARROTXA	1070	<b>80.250,00 €</b>
GIRONÈS	1422	<b>106.650,00 €</b>

MARESME	659	<b>49.425,00 €</b>
MOIANÈS	529	<b>39.675,00 €</b>
MONTSIÀ	606	<b>45.450,00 €</b>
NOGUERA	1514	<b>113.550,00 €</b>
OSONA	2495	<b>187.125,00 €</b>
PALLARS JUSSÀ	729	<b>54.675,00 €</b>
PALLARS SOBIRÀ	779	<b>58.425,00 €</b>
PLA DE L'ESTANY	570	<b>42.750,00 €</b>
PLA D'URGELL	814	<b>61.050,00 €</b>
PRIORAT	1178	<b>88.350,00 €</b>
RIBERA D'EBRE	1178	<b>88.350,00 €</b>
RIPOLLÈS	964	<b>72.300,00 €</b>
SEGARRÀ	1078	<b>80.850,00 €</b>
SEGRÌA	1994	<b>149.550,00 €</b>
SELVA	1296	<b>97.200,00 €</b>
SOLSONÈS	779	<b>58.425,00 €</b>
TARRAGONÈS	1163	<b>87.225,00 €</b>
TERRA ALTA	629	<b>47.175,00 €</b>
URGELL	1014	<b>76.050,00 €</b>
VALLÈS OCCIDENTAL	1160	<b>87.000,00 €</b>
VALLÈS ORIENTAL	1778	<b>133.350,00 €</b>
<b>TOTAL</b>		<b>3.568.125,00 €</b>

**Taula B.1.18.** Poblacions que formen la fase 1. Font: pròpia.

COMARQUES	NODE CENTRAL	IOC (-)
PALLARS SOBIRÀ	Llavorsí	38,55
ARAN	Bòrdes, Es	34,75
BERGUEDÀ	Berga	31,972
SOLSONÈS	Solsona	31,06
ALT URGELL	Ribera d'Urgellet	30,83
RIPOLLÈS	Ribes de Freser	30,40
OSONA	Gurb	29,93
CONCA BARBERÀ	Solivella	29,50
ANOIA	Igualada	29,23
CERDANYA	Isòvol	28,74
BAGES	Santpedor	28,72
SELVA	Sant Feliu de Buixalleu	28,57
MARESME	Caldes d'Estrac	28,36
BAIX CAMP	Borges del Camp, les	28,15

**Taula B.1.19** Cost fase 1. Font: pròpia.

COMARQUES FASE 1	COST TOTAL PER COMARCA
PALLARS SOBIRÀ	344.843,72 €
ARAN	166.100,96 €
BERGUEDA	567.033,98 €
SOLSONÈS	296.118,65 €
ALT URGELL	334.068,07 €
RIPOLLÈS	361.137,55 €
OSONA	992.177,56 €
CONCA BARBERÀ	431.564,28 €
ANOIA	529.156,79 €
CERDANYA	274.491,13 €
BAGES	545.358,22 €
SELVA	507.406,05 €
MARESME	231.118,24 €
BAIX CAMP	534.524,80 €
<b>TOTAL</b>	<b>6.115.100,02 €</b>

**Taula B.1.20.** Poblacions que formen la fase 2. Font: pròpia.

COMARQUES	NODE CENTRAL	IOC (-)
NOGUERA	Sentiu de Sió, la	27,99
PALLARS JUSSÀ	Salàs de Pallars	27,82
GARROTXA	Castellfollit de la Roca	26,42
ALT EMPORDÀ	Figueres	26,17
MOIANÈS	Moià	25,88
ALT CAMP	Puigpelat	24,63
SEGARRA	Oluges, les	24,09
ALT PENEDÈS	Puigdàlber	23,97
GARRAF	Sant Pere de Ribes	23,67
ALTA RIBAGORÇA	Vilaller	23,57
BAIX EBRE	Tortosa	23,49
GARRIGUES	Cervià de les Garrigues	23,37
BAIX PENEDÈS	Sant Jaume dels Domenys	23,15
PRIORAT	Gratallops	23,07

**Taula B.1.21.** Cost de la fase 2. Font: pròpia.

COMARQUES FASE 2	COST TOTAL PER COMARCA
NOGUERA	469.569,82 €
PALLARS JUSSÀ	247.379,56 €
GARROTXA	366.581,03 €
ALT EMPORDÀ	1.284.775,01 €
MOIANÈS	193.184,47 €
ALT CAMP	431.575,85 €
SEGARRA	350.341,80 €
ALT Penedès	409.974,85 €
GARRAF	111.907,30 €
ALTA RIBAGORÇA	73.980,54 €
BAIX Ebre	241.959,22 €
GARRIGUES	480.317,41 €
BAIX Penedès	220.303,62 €
PRIORAT	431.578,31 €
<b>TOTAL</b>	<b>5.313.428,78 €</b>

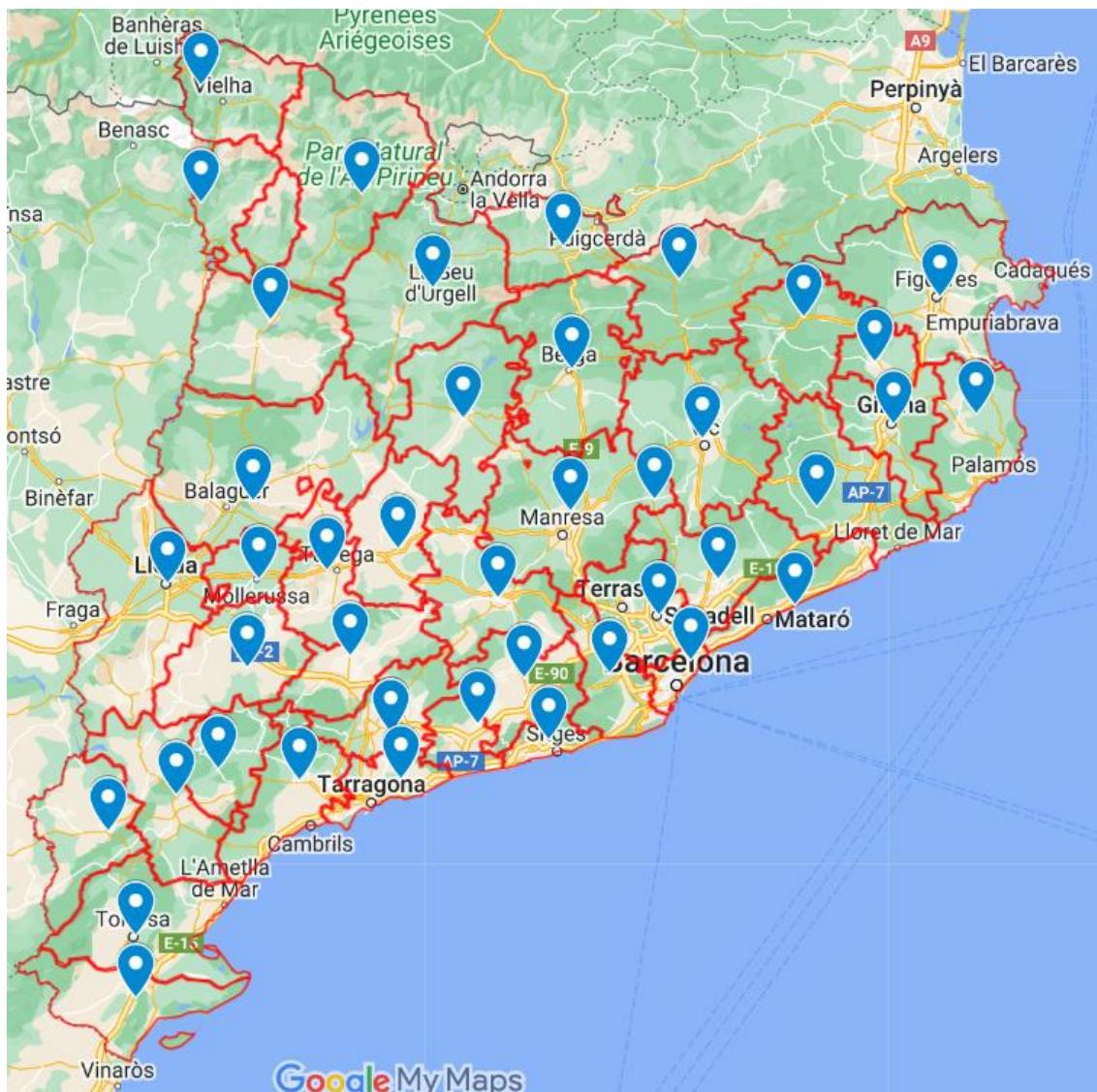
**Taula B.1.22.** Poblacions que formen la fase 3. Font: pròpia.

COMARQUES	NODE CENTRAL	IOC (-)
BARCELONÈS	Santa Coloma de Gramenet	32,68
VALLÈS OCCIDENTAL	Sabadell	31,71
BAIX LLOBREGAT	Palma de Cervelló, la	28,66
VALLÈS ORIENTAL	Franqueses del Vallès, les	28,25
SEGRIÀ	Lleida	27,64
GIRONÈS	Girona	26,01
TARRAGONÈS	Catllar, el	23,87
URGELL	Vilagrassa	22,99
MONTSIÀ	Freginals	22,41
BAIX EMPORDÀ	Ullastret	21,75
RIBERA D'EBRE	Garcia	21,52
TERRA ALTA	Gandesa	21,08
PLA DE L'ESTANY	Banyoles	20,03
PLA D'URGELL	Mollerussa	19,01

**Taula B.1.23.** Cost de la fase 3. Font: pròpia.

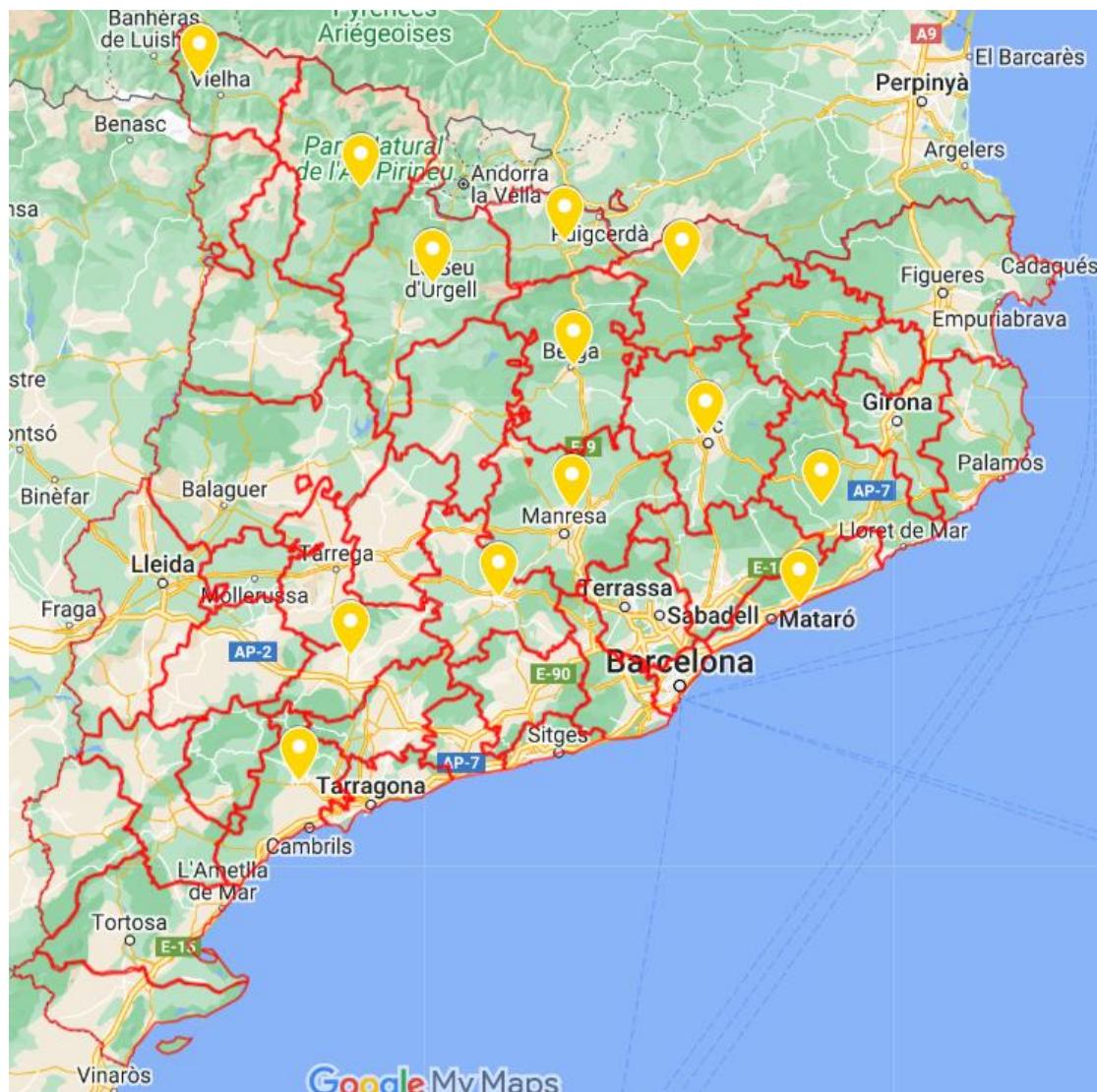
COMARQUES	COST TOTAL PER COMARCA
BARCELONÈS	182.361,48 €
VALLÈS OCCIDENTAL	420.745,31 €
BAIX LLOBREGAT	393.706,46 €
VALLÈS ORIENTAL	561.680,23 €
SEGRIÀ	605.052,20 €
GIRONÈS	539.924,66 €
TARRAGONÈS	420.746,33 €
URGELL	355.737,69 €
MONTSIÀ	225.689,47 €
BAIX EMPORDÀ	577.911,09 €
RIBERA D'EBRE	404.508,83 €
TERRA ALTA	220.282,01 €
PLA DE L'ESTANY	220.265,52 €
PLA D'URGELL	301.542,60 €
<b>TOTAL</b>	<b>5.430.153,90 €</b>

## B.2 MAPES



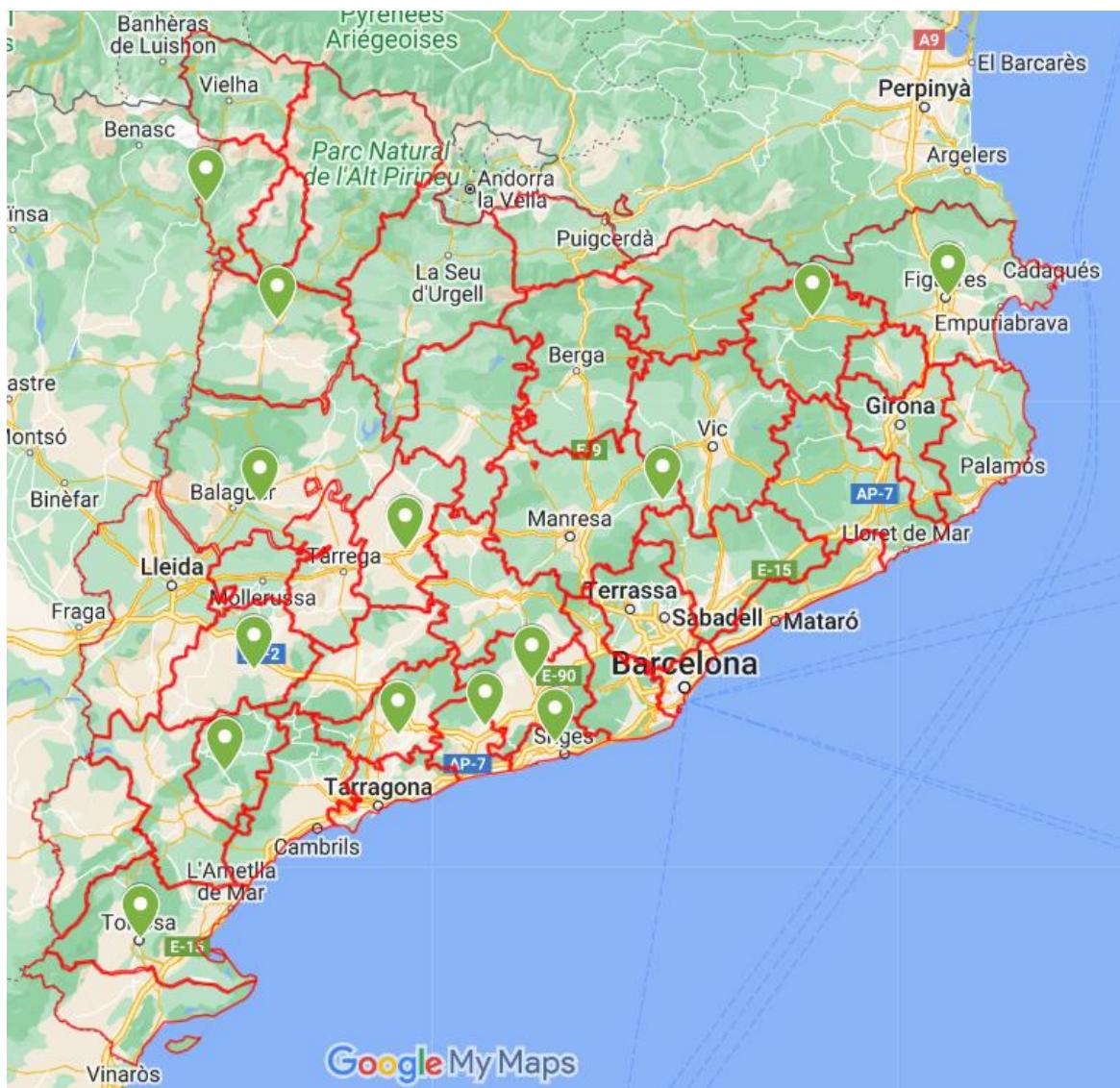
**Fig B.2.1.** Poblacions resultants a acollir el centre de distribució. Font: pròpia.

Disponible a: <https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1CMkB0-7S3vtE5bPkFdRPiLKMDQqvM2o&usp=sharing>



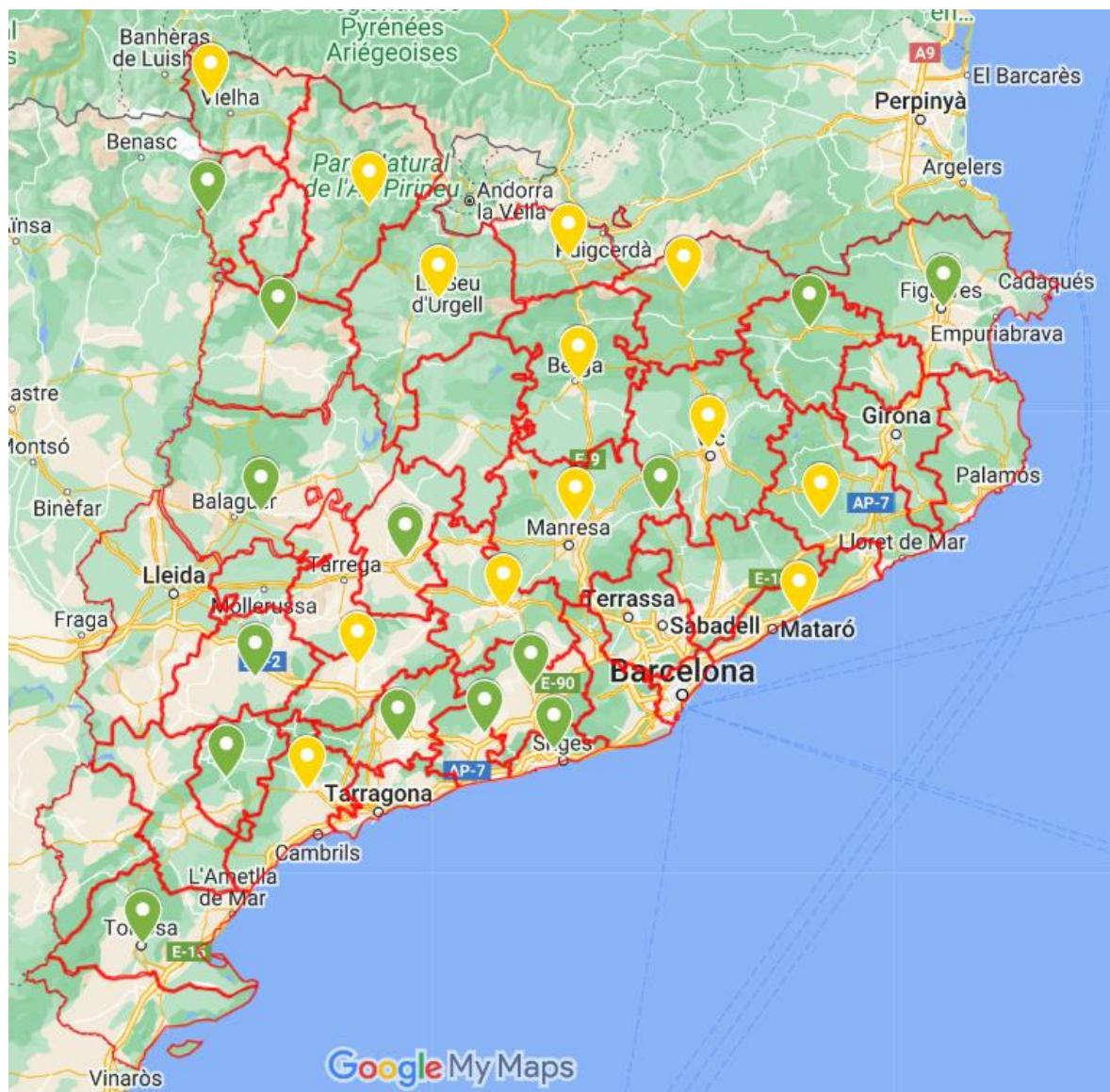
**Fig B.2.2** Mapa de les poblacions que formen part de la fase 1. Font: pròpia.  
Disponible a:

[https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1yA\\_1EwoVVJ00VvAFSpPY\\_J8GrX7teoQ&usp=sharing](https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1yA_1EwoVVJ00VvAFSpPY_J8GrX7teoQ&usp=sharing)

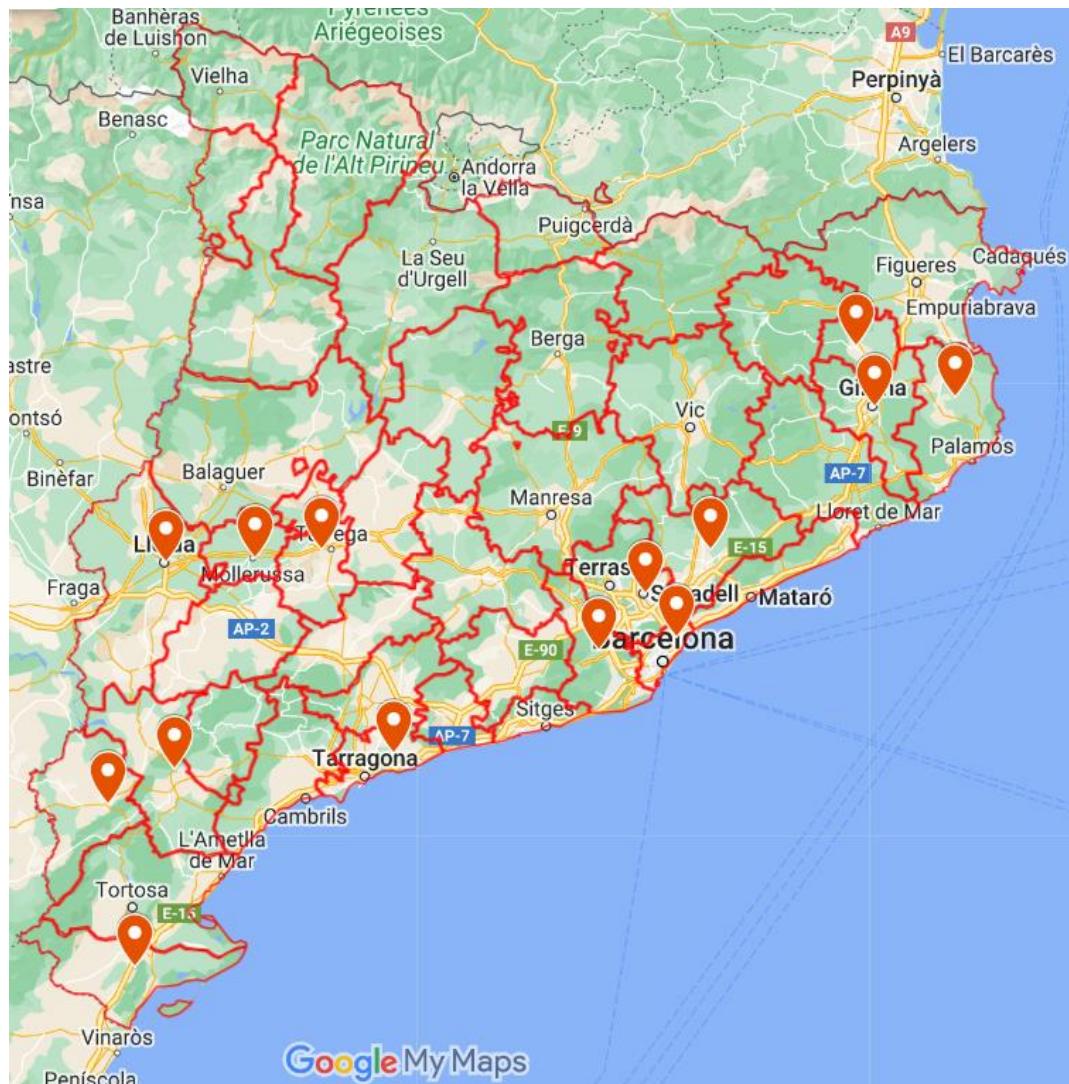


**Fig B.2.3.** Mapa de les pobalçions que formen part de la fase 2. Font: pròpia.  
Disponible a:

[https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1AM3VC6Yfak4mGr4QNh6w\\_i0k2D\\_VrRo&usp=sharing](https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1AM3VC6Yfak4mGr4QNh6w_i0k2D_VrRo&usp=sharing)

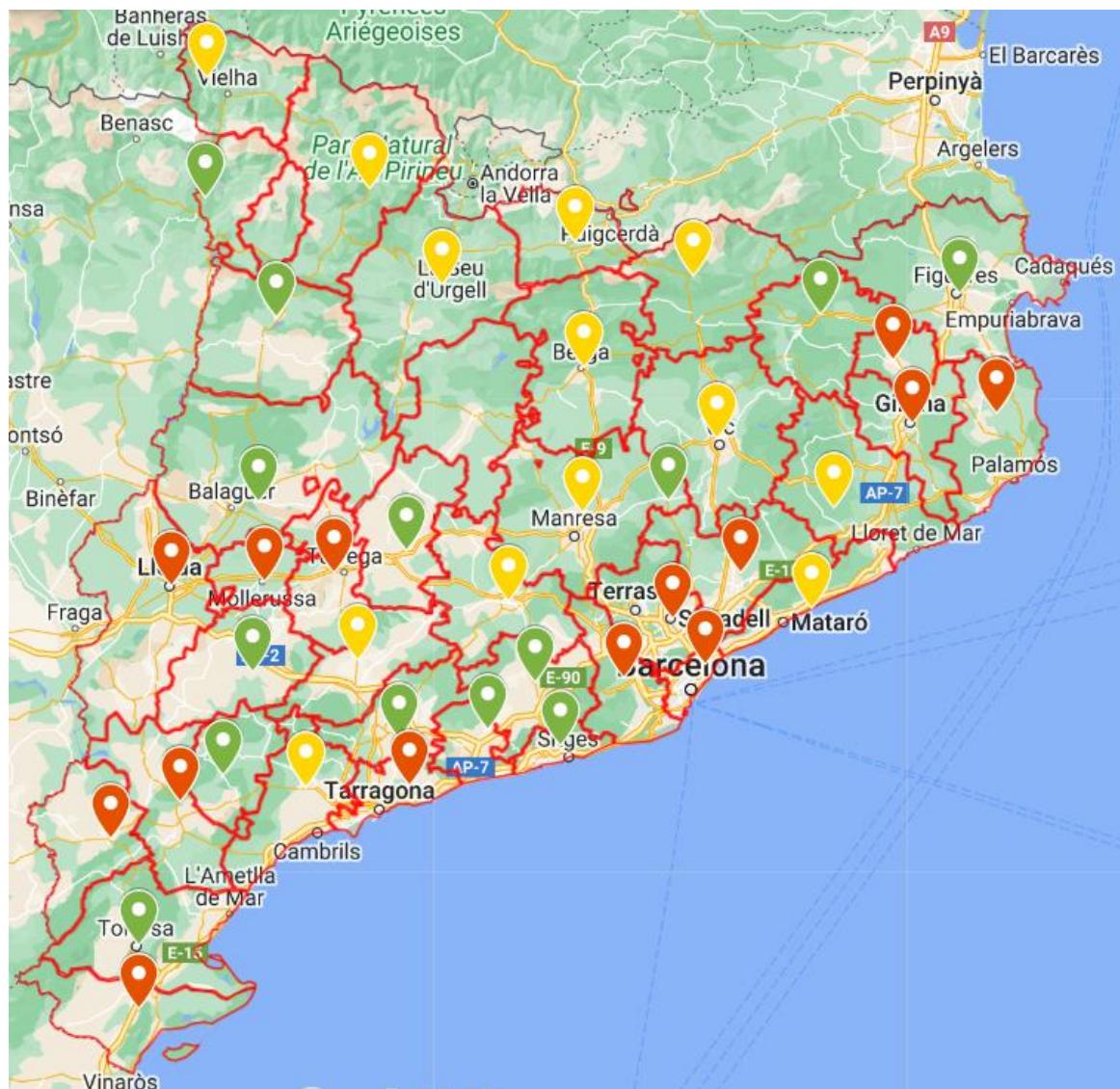


**Fig B.2.4.** Mapa de les poblacions que formen part de la fase 1 i 2. Font: pròpia. Disponible a:  
[https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1AM3VC6Yfak4mGr4QNh6w\\_i0k20DVrRo&usp=sharing](https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1AM3VC6Yfak4mGr4QNh6w_i0k20DVrRo&usp=sharing)



**Fig B.2.5.** Mapa de les poblacions que formen part de la fase 3. Font: pròpia.  
Disponible a:

<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1w6JYxNXke3Sxm53w4RaZ3aB40KzkWGA&usp=sharing>



**Fig B.2.6.** Mapa de les tres fases. Font: pròpia. disponible a:  
<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1w6JYxNXke3Sxm53w4RaZ3aB40KzkWGA&usp=sharing>