

On és l'equilibri de Catalunya?



Índex

1. Introducció	2
2. Alguns conceptes previs	3
2.1. Centre de gravetat	3
2.2. Punt d'equilibri d'un cos	3
2.3. Volum d'un cos	4
2.4. Densitat	4
2.5. Pes	5
2.6. Mapes	5
2.7. Coordenades geogràfiques	5
2.8. Coordenades UTM	6
3. Com trobar el punt d'equilibri de Catalunya?	7
3.1. Quadricular Catalunya	7
3.2. El mapa orogràfic	9
3.3. El volum de les unitats de territori	11
3.4. El pes de cada unitat de territori	22
3.4.1. La densitat dels materials dels sòls de Catalunya	22
3.4.2. El pes de les unitats de territori	31
3.5. El punt d'equilibri de Catalunya	34
3.5.1. Centre geogràfic d'una àrea geogràfica	34
3.5.2. El punt d'equilibri de un sòlid geogràfic	36
4. Conclusions	41
5. Bibliografia	43

Annex 1: Mapa orogràfic de Catalunya escala 1:250.000.

Annex 2: Taules de les altures i càlculs dels pesos.

Annex 3: Càlculs del volum de Catalunya.

Annex 4: Càlculs del pes de cada unitat territorial i del pes de Catalunya.

Annex 5: Mapa topogràfic i Mapa litològic de Catalunya escala 1:250.000.

Annex 6: Mapa que mostra el pes en coordenades i per unitat de territori.

1. Introducció

El treball consisteix en buscar el punt d'equilibri de Catalunya, que és el punt geogràfic on es trobaria el centre de gravetat de Catalunya. Quan es parla del centre de gravetat de Catalunya es parteix de que el sòlid del qual buscarem el centre de gravetat és el format pel relleu de Catalunya i la base seria el tall a nivell de mar. Això permet introduir un nou concepte com és el de sòlid geogràfic.

Per trobar-lo es fan servir mètodes d'estadística i aproximatiu, a fi de trobar el punt d'equilibri de Catalunya.

L'evolució del treball ens permetrà també trobar dues dades interessants com són el volum de Catalunya i també el seu pes.

Les motivacions per dur a terme aquest treball han sigut que és un treball sobre el territori on vivim i sobre un dada que tenia interès i curiositat en saber. Un altre factor que ha tingut molta importància és el fet que aquest treball no hi ha constància que s'hagi realitzat abans, que és tot nou i que es va haver d'inventar uns mètodes aproximatiu nous per arribar al objectiu final.

El treball s'ha fet tenint en compte unes condicions com són les següents:

- Considerar els diferents materials que formen els sòls de Catalunya. És a dir, per a trobar el pes s'han de tenir en compte les diferents densitats de cada material. Fer-ho fa que el resultat final sigui més aproximat.
- Considerar els factors naturals següents: separat del territori que l'envolta (Andorra, Espanya i França), considerar que Catalunya és rígida i no tenir en compte la curvatura de la terra.
- Es treballa amb unitats de mesura molt grans i en potències de deu.

Per la realització del treball, en primer lloc, s'ha hagut de crear una simplificació del mapa topogràfic de Catalunya per poder tenir una millor visió del relleu i per facilitar el càlculs, ja que s'ha simplificat el nombre de corbes de nivell i millorar la visualització de l'alçada en cada punt de Catalunya. Això era necessari per trobar el volum ja que s'ha fet servir un mètode llarg i elaborat.

Una vegada calculats els diferents volums, es troba la massa i finalment, a través de l'adaptació d'un mètode per trobar centres geogràfics de superfícies geogràfiques, s'arriba a trobar el punt d'equilibri.

2. Alguns conceptes previs

Pel desenvolupament del treball de recerca, són necessaris un seguit de conceptes que es passen a explicar.

El principal concepte que s'utilitza al treball de recerca és el de punt d'equilibri d'un sòlid geogràfic. Aquest és un concepte nou que s'ha hagut de definir per realitzar el treball, donat que el principal objectiu del treball de recerca és trobar el punt d'equilibri de Catalunya, entesa com un **sòlid geogràfic**, és a dir, el cos sòlid que té per superfície el relleu d'una zona geogràfica, la superfície lateral dels talls verticals sobre les línies que formen la frontera i la base el que seria el tall horitzontal del nivell del mar.

El concepte de punt d'equilibri d'un sòlid geogràfic es basa en el de centre de gravetat d'un cos. Per tant s'ha d'explicar primer que és el centre de gravetat d'un cos.

2.1 Centre de gravetat

El **centre de gravetat** (CG) és el punt d'aplicació de les diverses forces de gravetat que actuen sobre la distribució de masses d'un cos.

En el treball s'entén que sobre el cos que s'estudia, que és el sòlid geogràfic que forma Catalunya, hi actua la força de gravetat de la terra.

2.2 Punt d'equilibri d'un sòlid geogràfic

Definirem doncs el **punt d'equilibri d'un sòlid geogràfic** com la projecció sobre el pla del centre de gravetat del cos, format pel relleu d'una zona geogràfica i prenent com a base el nivell 0 d'altura sobre el nivell del mar.

També es pot explicar per la Segona Llei de Newton que ens diu que si tenim que l'equilibri d'un cos és donat quan: $F = m \cdot a$, amb $a = 0 \text{ m/s}^2$, resultant en: $F = m \cdot (0)$, o sigui: $F = 0$.

Per tant podem definir el punt d'equilibri com el punt en que la suma de les forces és igual a 0.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

I això farà que si recolzem una superfície rígida en el punt d'equilibri la figura no es decantarà cap a cap costat.

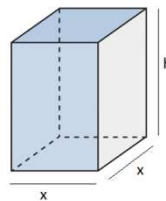
2.3 Volum d'un cos

El **volum d'un cos** (V) és la magnitud física que expressa l'espai que ocupa. La unitat de mesura de volum en el Sistema Internacional és el metre cúbic (m³).

Pel desenvolupament del treball s'utilitza el km³ com a unitat de mesura del volum, perquè es calculen volums de cossos molt grans com són els sòlids geogràfics.

L'única fórmula que es fa servir és la del prisma amb base quadrada, ja que es divideix el volum a estudiar amb prismes de base quadrada:

$$V = x^2 \cdot h$$



2.4 Densitat

La **densitat** (ρ) és la massa específica d'un cos o fluid, és a dir, la quantitat de matèria que hi ha per unitat de volum. La densitat és directament proporcional al valor de la massa i inversament proporcional al volum del cos.

Fórmula general de la densitat d'un cos:

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volum}} = \frac{m}{V}$$

La unitat de mesura en el Sistema Internacional és el quilogram per metre cúbic (kg/dm³), però en el treball, donada la grandària de l'objecte que s'estudia, es fa servir com a unitat la tona per quilòmetre cúbic (Tn/km³).

El factor de conversió de kg/dm³ a Tn/km³ és: 1 kg/dm³ = 10⁹ Tn/km³

2.5 Pes

En física, **el pes** és una mesura de la força amb la qual la Terra atrau a qualsevol objecte en la direcció de la vertical, a causa de la gravetat. Prop de la superfície terrestre és aproximadament constant, això significa que el pes d'un objecte és més o menys equivalent a la seva massa.

Però com que la gravetat és la mateixa per a tots els punts només farem servir la massa. S'obté a partir de la fórmula:

$$m = \rho \cdot V$$

La unitat que es fa servir el treball és la Tn.

2.6 Mapes

Per fer el treball s'han utilitzat diferents tipus de mapes, que són els següents:

Mapa topogràfic és una representació reduïda i simplificada de tots els elements que hi ha a la superfície terrestre: orografia, hidrografia, poblament, comunicacions, usos del sòl, límits administratius, etc. Aquesta representació és fruit d'un procés d'interpretació de tots els elements territorials i de l'aplicació d'un llenguatge d'expressió gràfica. Com més gran és l'àrea que es vol representar i més petita l'escala, aquest procés és més selectiu i més generalitzador: Els elements representats perden precisió a favor d'una visió global i coherent del territori, tot conservant les seves posicions relatives.

Mapa litològic és la representació gràfica dels diferents tipus de materials que componen el sòl de la superfície terrestre.

Mapa orogràfic és la representació reduïda del relleu de la superfície terrestre mitjançant corbes de nivell.

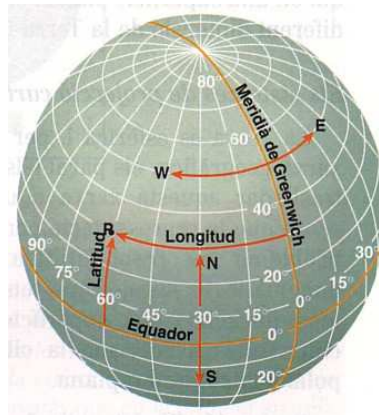
2.7 Coordenades geogràfiques

Les **coordenades geogràfiques** permeten determinar la posició de cada punt a la Terra mitjançant tres coordenades, utilitzant un sistema de coordenades esfèriques.

Les dues primeres coordenades corresponen a la latitud i a la longitud del punt, la tercera a l'alçada sobre la superfície (o sobre el centre de la Terra).

La longitud d'un punt P de la superfície terrestre és l'arc d'equador comprès entre el punt d'intersecció del meridià de Greenwich amb l'equador i el punt d'intersecció del meridià local de P amb l'equador.

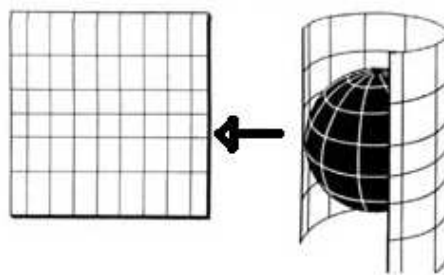
La latitud de P és l'arc del meridià local de P comprès entre l'equador i P, mesurat de 0° a 90° a cada hemisferi a partir de l'equador.



2.8 Coordenades UTM

El **Sistema de Coordenades Universal Transversal de Mercator** (en anglès *Universal Transverse Mercator*, **UTM**) és un sistema de coordenades basat en la projecció cartogràfica transversa de Mercator, que es construeix com la projecció de Mercator normal. Però, en comptes de fer-la tangent a l'Equador, es fa tangent a un meridià. A diferència del sistema de coordenades geogràfiques, expressades en longitud i latitud, les magnituds en el sistema UTM s'expressen en metres únicament al nivell del mar que és la base de la projecció de l'el·lipsoide de referència.

Projecció UTM



3. Com trobar el punt d'equilibri de Catalunya?

Per arribar a trobar el punt d'equilibri de Catalunya cal seguir mètodes aproximatius, ja que dades com la superfície, el volum, o el pes de Catalunya, necessàries per trobar l'objectiu final, són pràcticament impossible trobar-les amb exactitud.

Cal seguir 5 passos per poder arribar a l'objectiu final del treball de recerca.

El primer procés és quadricular Catalunya. Perquè el desenvolupament del treball fa necessari treballar amb unitats de territori més petites, per tal d'igualar les característiques específiques de cada unitat del territori i que substitueixin la realitat.

El segon procés és el de fer un mapa orogràfic, que ens simplificarà la recerca de les altures de cada unitat de territori, necessàries per trobar el volum.

El tercer procés és trobar el volum de cada unitat de territori, que és un pas previ que s'ha de realitzar per poder trobar el pes, i obtenir una dada d'interès com és el volum de Catalunya.

El quart procés és buscar el pes de cada unitat de territori, obtenint d'aquesta manera el repartiment de pesos de la superfície de Catalunya. També ens permet trobar el pes de Catalunya. Per trobar el pes és necessari tenir en compte les densitats dels materials que conformen el sòl.

I finalment el procediment últim i més important és el que es fa per trobar el punt d'equilibri.

3.1 Quadricular Catalunya

Ja s'ha dit anteriorment que s'utilitzen mètodes aproximatius per arribar a trobar el punt d'equilibri de Catalunya, entès com la projecció sobre el pla del centre de gravetat del relleu de Catalunya sense oblidar que només es té en compte el relleu que està per damunt del nivell del mar.

La primera aproximació que es fa és substituir la realitat física per una de virtual dividint Catalunya en quadrats de la mateixa superfície. Aquests quadrats o divisions els hi direm unitats de territori.

La realitat física de cada unitat de territori, com ara l'altura sobre el nivell del mar, el materials que la formen, el volum, el pes es substitueix per valors aproximats, tenint en

compte en cada cas el valor més freqüent. Així s'assigna el valor de cada característica que més es dona en aquella unitat de territori.

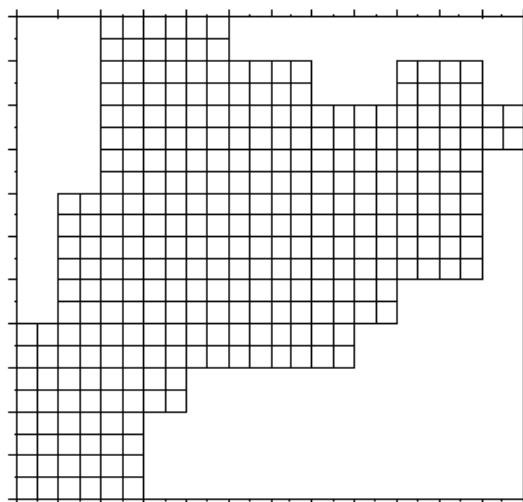
S'ha de tenir en compte doncs que la majoria de les metodologies que es fan servir al treball demanen una quadriculació del territori que es vol estudiar, i també tots els mapes que es facin servir han de tenir la mateixa escala.

Per decidir com quadricular Catalunya s'agafa el Mapa Topogràfic de Catalunya a escala 1:250.000 editat per ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya). Aquest mapa té les divisions corresponents a les coordenades UTM (tan verticals com horitzontals), utilitzades en cartografia. Aquestes divisions formen quadrats de 10x10 cm sobre el mapa, que a la realitat equivalen a unitats de territori de 25x25 km. En aquest primer pas queden 75 unitats de territori de 10x10 cm.

Per fer el treball amb més precisió es divideix en els quadrats de 10x10 cm en quatre quadrats de 5x5 cm. Que a la realitat equivalen a quadrats de 12,5x12,5 km.

Així doncs, s'ha quadriculat Catalunya en **251 unitats de territori quadrades de 12,5x12,5 km**, és a dir, cada un de 156,25 km² de superfície.

El resultat de les divisions és:

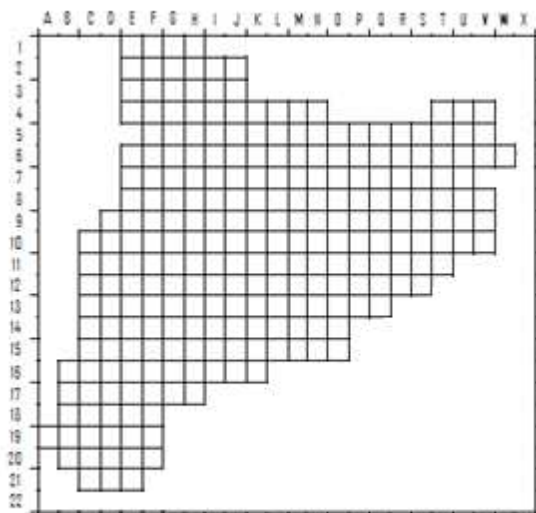


Gràfic I: Divisió de Catalunya en quadrats de 12,5x12,5km

On la graduació horitzontal (X) correspon a les coordenades UTM des de la coordenada 250000 E fins a la 550000 E, en divisions de 12500.

I la graduació vertical (Y) correspon a les coordenades UTM des de la coordenada 4475000 N fins a la 4750000 N, en divisions també de 12500.

Finalment, per facilitar la feina d'identificar cada quadrat se li assignen unes coordenades tal com mostra la següent gràfica:



Gràfic II: Assignació de coordenades a cada unitat de territori.

3.2 El mapa orogràfic

En aquest procediment es fa ús del Mapa Topogràfic de Catalunya escala 1:250.000 editat per ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya). Del mapa només s'utilitzen les corbes de nivell, ja que el mapa conte molta més informació però no és d'utilitat pel desenvolupament del treball.

Per començar era necessari fer una tria de les corbes de nivell que es fan servir.

Les que s'han tingut en compte són les corresponents a les següents altures:

0, 200, 400, 600, 800, 1200, 1600, 2000, 2400, 2800 i 3200.

Com es pot observar de 0 a 800 els salts són de 200 en 200, i de 800 a 3200 són de 400 en 400. S'ha observat que a partir de 800 m d'altura sobre el nivell del mar les corbes de nivell són poc diferenciables sobre el mapa donada la seva proximitat entre elles, per tan es fa necessari aproximar la realitat per corbes de nivell amb una separació d'altures de 400 m.

El següent pas és resseguir les corbes de nivell en el mapa topogràfic, per remarcar-les i així poder-les distingir millor. Un cop es tenen les línies resseguides s'agafen quadrats de paper vegetal (que permet calcar millor les corbes de nivell) de mides una

mica més grans de 10 cm x 10 cm, es posen sobre el mapa a la zona a calcar i resseguim les corbes de nivell remarcades. En els quadrats corresponents als límits de Catalunya s'ha de remarcar també el contorn de la frontera o del mar.

Un cop tenim totes les quadricules amb les seves corbes de nivell corresponents pintem els espais entre corbes seguin la següent relació altura-color.

Interval Altures que compren (m)	Color	Altura mitja (m)
0 a 200		100
200 a 400		300
400 a 600		500
600 a 800		700
800 a 1200		1000
1200 a 1600		1400
1600 a 2000		1800
2000 a 2400		2200
2400 a 2800		2600
2800 a 3200		3000

Taula I: Representació dels colors per a cada altura.

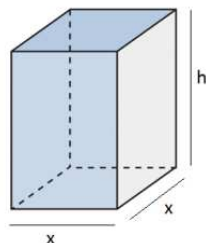
Un cop elaborats tots els quadrats s'enganxen sobre un paper en blanc per obtenir el mapa orogràfic de Catalunya de escala 1:250.000 (annex 1), amb divisions de quadrats de 10x10 cm, amb les corbes de nivell abans esmentades i que ens permet fer tots els càlculs posteriors necessaris per trobar el punt d'equilibri de Catalunya.



3.3 El volum de les unitats de territori

Per trobar el volum de cada unitat de territori es fa una aproximació de la realitat física utilitzant prismes de base quadrada. El volum d'un prisma és el producte de la superfície de la base per l'altura.

$$V=x^2 \cdot h$$

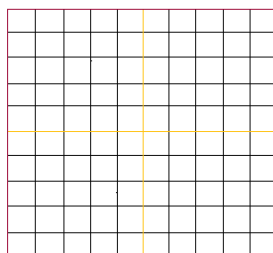


On x és la longitud del costat de la base, i h l'altura.

Cada unitat de territori es subdivideix amb 25 unitats que corresponen a quadrats de 1x1cm (2,5x2,5 km). Es calcula el volum de cada una d'aquestes unitats per obtenir el volum de les unitats de territori. És a dir subdividint cada unitat de territori en 25 prismes de base quadrada 1x1cm i amb les diferents altures depenent de cada quadrícula.

En el procés de calcular les altures de cada unitat de territori s'utilitza el mapa orogràfic de Catalunya creat anteriorment. Recordem que les unitats de territori són quadrats de 5x5cm sobre el mapa orogràfic, 12,5x12,5 km a la realitat.

Per començar es crea una quadrícula de 10x10 cm que coincideix amb les divisions fetes per les coordenades UTM, i ja utilitzades en la realització del mapa orogràfic. Cada una d'aquestes quadrícules de 10x10 cm conté quatre unitats de territori que s'utilitzen com a base dels càlculs del treball de recerca. Per aproximar millor el volum que correspon a cada unitat de territori es fan subdivisions d'1x1cm, tal com mostra el gràfic.



Gràfic III: Divisions de les unitats de territori

A partir d'aquesta quadrícula s'observen les altures dels 25 quadrets 1x1cm que corresponen a cada unitat de territori (sense oblidar que cada unitat de territori és de 5x5cm sobre el mapa).

La metodologia que s'utilitza per trobar l'altura de cada unitat de territori es fa utilitzant un paper vegetal de dimensions 10x10cm, quadriculat 1x1cm i remarcant les divisions d'unitat de territori (5x5cm).

Es va mirant una per una les quadrícules 1x1 cm per cada unitat de territori, es tria el color que predomina en aquella quadrícula i es valora amb un 1 o 0,5 seguint els següents criteris :

1. Es valora amb 1 el color majoritari a la quadrícula d'1x 1 cm
2. Es valora amb 0,5 al color majoritari si en la quadrícula d'1x1cm hi ha una part que no és de Catalunya.
3. Quan no s'observi cap color en la quadrícula, llavors aquella quadrícula no es valora perquè representa que està fora del territori que busquem.

Les dades obtingudes s'agrupen a les següents taules elaborades per aquest procés.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TOTAL
Marro fort																										
Verd fort																										
Verd fluix																										
Blau fluix																										
Blau fort																										
Lila																										
Vermell																										
Taronja																										
Marro fluix																										
Groc																										

Taula II: Taula de valoració de les altures de cada unitat de territori.

En el rectangle de dalt a l'esquerra es posa la posició de la unitat de territori de 5x5cm, en el rectangle de dalt a la dreta es posa el nombre de quadrats d'1x1cm que formen part de la unitat de territori, que haurà de coincidir amb la suma dels totals. A la graella es posen 1 o 0,5 al color que correspon, i en la del TOTAL la suma d'1 i 0,5 de cada color, i serà els valors que farem servir per buscar l'altura .

A l'Annex 2 es troben les taules de valoració de les altures complertes.

Posteriorment s'obtenen les taules de cada unitat de territori, codificada tal com s'ha fet al quadricular Catalunya, amb les freqüències de les altures dels 25 quadrets que les componen.

Com a referència d'altura pels càlculs posteriors s'ha pres el valor mitjà dels dos extrems de cada interval d'altures.

Es pot observar que la suma de freqüències de cada unitat de territori és 25 i les que la suma és inferior a aquest valor són les que estan situades a la frontera de Catalunya o a la costa.

Per exemple, la taula corresponent a la unitat de territori 1F és:

F1				16,5																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	TOTAL
Marro fosc																										
Verd fosc																										
Verd fosc	1	1	1	1																						4
Blau fosc	1	1	1	1	1	1	1	1																		8
Blau fosc	1	1	1	1	0,5																					4,5
Lila																										
Vermell																										
Taronja																										
Marro fosc																										
Groc																										

La següent taula mostra els resultats de cada unitat de territori.

Unitat territori	3000 m	2600m	2200m	1800m	1400m	1000m	700m	500m	300m	100m	Total
1E			2	4.5							6,5
1F			4	8	4.5						16,5
1G		4	4								8
1H			2.5								2,5
2E			1.5	5.5							7
2F			6	14	5						25
2G		2	9	11	3						25
2H		3	8.5	7.5	3						22
2I	0.5	4	6	2	1						13,5
2J	0.5	1.5	3								5
3E				0,5							0,5
3F	1	5	9	3	2.5						20.5
3G	1	11	10	3							25
3H		2	4	6	9	4					25
3I		1	6	10	5	3					25
3J		5.5	4.5	5	2						17
4E						2					2
4F			4	11	8	1					24
4G		8	11	5	1						25
4H		3	3	7	7	5					25
4I			1	5	12	7					25
4J		3	5	10	2						20
4K		2.5									2.5
4L	0.5	5.5	2.5	2							10.5
4M			3	2	0.5						5.5
4N						3.5					3.5
4T								1.5			1.5
4U								0.5			0.5
4V						1	2	0.5	0.5		4
5F				2	12	7.5					21.5
5G				3	11	11					25
5H			1	5	8	8	3				25
5I			3	10	11	1					25
5J				1	8	10	6				25
5K			3	5	8	8	1				25
5L			1	6	11	7					25
5M				2	13	10					25
5N			0.5	6	2	1					9.5
5O	0.5	6	7	3	2						18.5
5P		1	2.5	8	8						19.5
5Q					5	1					6
5R						2	3.5	0.5			6
5S							5	6.5	7	2	20.5
5T							1	2	5	17	25
5U								2	8.5	13	23.5

Unitat territori	3000 m	2600m	2200m	1800m	1400m	1000m	700m	500m	300m	100m	Total
5V									2	2.5	4.5
6E							1				1
6F					5	14	4.5				23.5
6G					3	13	9				25
6H				6	13	3	3				25
6I				4	11	8	1	1			25
6J					6	13	6				25
6K		1	3	5	13	3					25
6L			4	7	11	3					25
6M			3	5	7	10					25
6N			1	6	8	10					25
6O				1	12	12					25
6P				1	6	16	2				25
6Q						7	11	6	1		25
6R						5	7	4	9		25
6S						1		6	14	4	25
6T									1	24	25
6U									1	23.5	24.5
6V								1	6	12	19
6W										0.5	0.5
7E							5	0.5			5.5
7F						12	10	3			25
7G						2	7	16			25
7H					9	10	6				25
7I					7	11	3	4			25
7J				3	9	7	6				25
7K			4	5	6	10					25
7L			2	5	12	6					25
7M				2	7	11	5				25
7N					6	16	3				25
7O						14	11				25
7P					6	18	1				25
7Q						1	8	12	4		25
7R							3	8	12	2	25
7S									12	13	25
7T										25	25
7U										20.5	20.5
8E					1	6	4	1.5			12.5
8F					4	7	7	7			25
8G						16	6	3			25
8H						9	13	3			25
8I						7	4	13	1		25
8J						5	16	4			25
8K					2	11	11	1			25
8L					5	10	9	1			25

Unitat territori	3000 m	2600m	2200m	1800m	1400m	1000m	700m	500m	300m	100m	Total
8M						2	12	11			25
8N						4	19	2			25
8O						3	20	2			25
8P						6	10	9			25
8Q						16	3	5	1		25
8R							7	7	11		25
8S								4	7	14	25
8T									1	24	25
8U										25	25
8V										9.5	9.5
9D								1			1
9E						2	12	9			23
9F							13	10	2		25
9G						5	5	12	3		25
9H							1	17	7		25
9I							7	16	2		25
9J							5	17	3		25
9K							3	17	5		25
9L							8	17			25
9M							3	20	2		25
9N							7	18			25
9O						1	17	7			25
9P							8	17			25
9Q						7	8	10			25
9R						1	5	3	7	9	25
9S									1	24	25
9T									15	10	25
9U									5	20	25
9V										12	12
10C									0.5	0.5	1
10D									13.5		13.5
10E								7	18		25
10F								2	23		25
10G								4	21		25
10H								12	13		25
10I									25		25
10J							6	19			25
10K						3	19	3			25
10L							5	12	8		25
10M								10	15		25
10N							8	10	7		25
10O						11	9	5			25
10P					2	7	13	3			25
10Q					2	9	6	6	2		25
10R								6	10	9	25

Unitat territori	3000 m	2600m	2200m	1800m	1400m	1000m	700m	500m	300m	100m	Total
10S									1	24	25
10T									7	13	25
10U									5	12	17
10V										1	1
11C									11	6	17
11D									25		25
11E									13	12	25
11F									18	7	25
11G									25		25
11H								2	23		25
11I							1	24			25
11J							22	3			25
11K							21	4			25
11L							5	11	9		25
11M							15	9	1		25
11N								4	21		25
11O						1	14	6	4		25
11P						5	5	6	9		25
11Q						3	1	3	13	5	25
11R								3	4	18	25
11S									1	22	23
11T									3	8	11
12C									6	1	7
12D									4	21	25
12E									7	18	25
12F									24	1	25
12G								2	23		25
12H							1	16	8		25
12I							17	8			25
12J							21	4			25
12K							1	16	8		25
12L								20	5		25
12M								9	15	1	25
12N							6	6	13		25
12O								1	8	16	25
12P									10	15	25
12Q								2	15	6.5	23.5
12R									6	7.5	13.5
12S										2.5	2.5
13C									1	16	17
13D									13	12	25
13E								2	23		25
13F								14	11		25
13G							2	19	4		25
13H							11	14			25

Unitat territori	3000 m	2600m	2200m	1800m	1400m	1000m	700m	500m	300m	100m	Total
13I							18	7			25
13J						1	22	2			25
13K							8	15	2		25
13L								2	21	2	25
13M									13	12	25
13N									11	14	25
13O									3	22	25
13P									8	7	15
13Q										2.5	2.5
14C								1	15.5	1.5	18
14D								3	22		25
14E							1	17	7		25
14F							14	11			25
14G						9	9	7			25
14H						3	7	6	9		25
14I							2	13	10		25
14J						1	8	11	5		25
14K							3	9	12	1	25
14L									16	4	25
14M								10	14	1	25
14N									8	17	25
14O										16	16
15C								3	9	7	19
15D								1	4	20	25
15E								10	14	1	25
15F							10	11	4		25
15G						10	6	6	3		25
15H						2	6	6	5	6	25
15I									12	13	25
15J									13	7	25
15K									2	23	25
15L									4	20	24
15M								3	8	4.5	15.5
15N									1	9	10
15O										2	2
16B								2	12.5		14.5
16C								12	13		25
16D								3	15	7	25
16E									7	18	25
16F								15	10		25
16G								3	10	12	25
16H									2	23	25
16I										18	18
16J										11.5	11.5
16K										4	4

Unitat territori	3000 m	2600m	2200m	1800m	1400m	1000m	700m	500m	300m	100m	Total
17B								8	2.5		10.5
17C								9	15	1	25
17D								3	11	11	25
17E								3	11	11	25
17F								14	7	3.5	24.5
17G										10	10
17H										3	3
18B						2	3.5	7.5			13
18C						5	4	4	6	6	25
18D							2	5	5	13	25
18E								1	13	11	25
18F									3	8.5	11.5
19A						1					1
19B					2	13	2				17
19C						4	2	3	5	11	25
19D									3	22	25
19E									1	19	20
19F										1.5	1.5
20B						2.5	2	4	3		11.5
20C								1	14	10	25
20D								1	2	22	25
20E										24	24
20F										11.5	11.5
21C									1	8.5	9.5
21D								1	3	5.5	9.5
21E										3	3

Taula III: Freqüència d'altures de cada unitat de territori.

Un cop es tenen totes les dades de les altures per cada unitat de territori, es passa a calcular el seu volum.

Com que sabem que l'escala del mapa és 1:250.000, l'àrea de cada quadrat d'1x1 cm es 6,25 km² (A= 2,5 km x 2,5 km) a la realitat.

Com que el volum d'un prisma és base per altura, per calcular el volum de cada unitat de territori, que està compostat per 25 prismes de base quadrada d'àrea 6,25km², i se sap quants prismes corresponen a cada altura només cal multiplicar el nombre de quadrats que tenen la mateixa altura per l'àrea de la base per l'altura que els hi correspon, i sumar tots els volums de la mateixa unitat de territori i així s'aconsegueix el volum total.

$$V_{\text{unitat territori}} = \sum f_i \cdot h_i \cdot 6,25$$

On f_i és la freqüència de quadradets amb la mateixa altura, i h_i és l'altura (en km). El volum s'obté en km³

Els resultats del càlcul del volum de cada unitat de territori són els següents:

UT	Volum (km ³)	UT	Volum (km ³)	UT	Volum (km ³)	UT	Volum (km ³)
1E	78,125	5V	5,3125	8M	99,375	10S	16,875
1F	184,375	6E	4,375	8N	114,375	10T	21,25
1G	120	6F	150,937	8O	112,5	10U	16,875
1H	34,375	6G	146,875	8P	109,375	10V	0,625
2E	82,5	6H	213,125	8Q	130,625	11C	24,375
2F	283,75	6I	198,75	8R	73,125	11D	46,875
2G	306,25	6J	160	8S	34,375	11E	31,875
2H	276,25	6K	246,25	8T	16,875	11F	38,125
2I	188,125	6L	248,75	8U	15,625	11G	46,875
2J	75	6M	221,25	8V	5,9375	11H	49,375
3E	5,625	6N	213,75	9D	3,125	11I	79,375
3F	279,375	6O	191,25	9E	93,125	11J	105,625
3G	368,75	6P	172,5	9F	91,875	11K	104,375
3H	258,75	6Q	112,5	9G	96,25	11L	73,125
3I	273,75	6R	91,25	9H	70,625	11M	95,625
3J	225	6S	53,73	9I	84,375	11N	51,875
4E	12,5	6T	16,875	9J	115	11O	93,75
4F	225	6U	16,5625	9K	108,75	11P	88,75
4G	346,25	6V	21,875	9L	88,125	11Q	60
4H	261,25	6W	0,3125	9M	79,375	11R	28,125
4I	218,75	7E	23,4375	9N	86,875	11S	15,625
4J	247,5	7F	128,125	9O	102,5	11T	10,625
4K	40,625	7G	93,125	9P	88,125	12C	11,875
4L	155,625	7H	167,5	9Q	110	12D	20,625
4M	68,125	7I	155,625	9R	56,25	12E	24,375
4N	21,875	7J	182,5	9S	16,875	12F	45,625
4T	4,6875	7K	226,25	9T	34,375	12G	49,375
4U	1,56	7L	226,25	9U	21,875	12H	69,375
4V	17,5	7M	174,375	9V	7,5	12I	99,375
5F	174,375	7N	165,625	10C	1,25	12J	104,375
5G	198,75	7O	135,625	10D	25,3125	12K	69,375
5H	203,125	7P	169,375	10E	55,625	12L	71,875
5I	256,25	7Q	86,25	10F	49,375	12M	56,875
5J	170	7R	61,875	10G	51,875	12N	69,375
5K	221,875	7S	30,625	10H	61,875	12O	28,125
5L	221,25	7T	15,625	10I	78,125	12P	28,125
5M	198,75	7U	12,8125	10J	85,625	12Q	38,4375
5N	98,125	8E	68,4375	10K	111,25	12R	15,9375
5O	254,375	8F	131,25	10L	74,375	12S	1,5625
5P	210,625	8G	135,625	10M	59,375	13C	11,875
5Q	50	8H	122,5	10N	79,375	13D	31,875
5R	29,375	8I	103,75	10O	123,75	13E	49,375
5S	56,5625	8J	113,75	10P	127,5	13F	64,375
5T	30,625	8K	137,5	10Q	122,5	13G	75,625
5U	30,3125	8L	148,75	10R	43,125	13H	91,875

	Volum (km ³)
13I	100,625
13J	108,75
13K	85,625
13L	46,875
13M	31,875
13N	29,375
13O	19,375
13P	19,375
13Q	1,5625
14C	33,125
14D	50,625
14E	70,625
14F	95,625
14G	117,5
14H	85
14I	68,125
14J	85
14K	64,375
14L	32,5
14M	58,125
14N	25,625
14O	10
15C	30,625
15D	23,125
15E	58,125
15F	85,625
15G	113,125
15H	70,625
15I	30,625
15J	28,75
15K	18,125
15L	20
15M	27,1875
15N	7,5
15O	1,25
16B	29,6875
16C	61,875
16D	41,875
16E	24,375
16F	65,625
16G	35,625
16H	18,125
16I	11,25
16J	7,1875
16K	2,5

	Volum (km ³)
17B	29,6875
17C	56,875
17D	36,875
17E	36,875
17F	59,0625
17G	6,25
17H	1,875
18B	51,25
18C	76,25
18D	41,875
18E	34,375
18F	10,9375
19A	6,25
19B	107,5
19C	59,375
19D	19,375
19E	13,75
19F	0,9375
20B	42,5
20C	35,625
20D	20,625
20E	15
20F	7,1875
21C	7,1875
21D	12,1875
21E	1,875

Els càlculs que s'han fet per trobar les dades a
anteriori estan a l'Annex 2.

**El volum total de Catalunya és
aproximadament de 20.859,66 km³.**

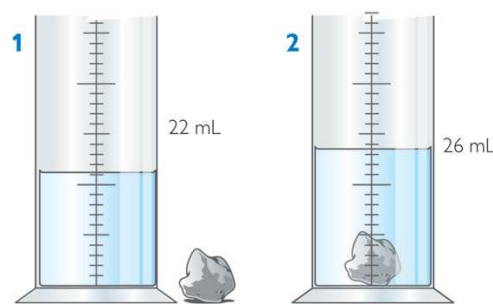
Taula III: Taula dels volums de cada unitat de territori.

3.4 El pes de cada unitat de territori

Per fer el procés de trobar el pes de cada unitat de territori hem de relacionar els materials que identifica al mapa litològic de Catalunya amb les densitats que els hi correspon. Per això és necessari fer primer una llista de tots els materials que surten al mapa litològic de Catalunya i calcular la seva densitat, utilitzant el laboratori amb mostres de cada material.

El mètode que es fa servir per buscar la densitat té tres passos:

1. El primer pas és calcular el pes de la mostra.
2. Després s'ha de buscar el volum de la mostra amb una proveta, tal com mostra el gràfic:



3. I per últim fer els càlculs de la densitat utilitzant la fórmula següent:

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volum}} = \frac{m}{V}$$

3.4.1 La densitat dels materials dels sòls de Catalunya.

Les densitats dels materials s'han aconseguit a través d'Internet. Les dels materials que no s'han trobat el seus valors per Internet són les que s'han buscat al laboratori.

Posteriorment s'han agrupat els materials que apareixen al mapa litològic de Catalunya per densitats semblants. Els materials i els resultats d'aquests càlculs estan ordenats a la taula IV.

L'agrupació dels materials s'ha fet seguint el criteris següents: la formació dels materials, per la semblança entre ells, la semblança de densitats i per la composició.

Materials	Densitat	Densitat per fer els càlculs
Dolomies Travertins Calcàries Crostes carbonatades	2,03 a 2,66 kg/dm ³	2,5 Kg/dm ³
Lutites Margues Margocalcàries Argiles Llims	2,2 Kg/dm ³	2,2 Kg/dm ³
Guixos	2,3 a 3 Kg/dm ³	2,65 Kg/dm ³
Bretxes carbonatades Conglomerats Bretxes Graves	2,606 Kg/dm ³	2,606 Kg/dm ³
Gresos Sorres	2,11 a 2,5 Kg/dm ³	2,3 Kg/dm ³
Pissarres Esquists i migmatites	2,70 a 2,87 Kg/dm ³	2,785 Kg/dm ³
Leucogranits Granit Granodiorites Tonalites Gneis	2,63 a 3 Kg/dm ³	2,815 Kg/dm ³
Riolites i roques volcàniques intermèdies Ofites i roques plutòniques ultrabàsiques Piroclast Basalt	2,7 Kg/dm ³	2,7 Kg/dm ³
Torba Lignits Carbons	2,5 a 3 Kg/dm ³	2,75 Kg/dm ³
Sals sòdiques i potàssiques	2 Kg/dm ³	2 Kg/dm ³

Taula IV: Taula de materials i densitats.

El mapa litològic de Catalunya utilitza un codi i un color depenent dels materials que es troben en cada zona.

La següent taula (taula V) mostra les densitats dels codis de les associacions dels materials que apareixen en el mapa litològic de Catalunya.

Per trobar la densitat mitjana que correspon a cada associació de materials es calcula la mitjana aritmètica dels diferents materials que componen l'associació.

Codi de color	Materials	Densitat dels materials	Densitat mitjana
E-Cl	Sals sòdiques i potàssiques	2 Kg/dm ³	2 Kg/dm ³
E-Su	Guixos	2,65 Kg/dm ³	2,65 Kg/dm ³
DfE-Mx/Su	Lutites, gresos, i guixos	2,2 Kg/dm ³ , 2,3 Kg/dm ³ i	2,38 Kg/dm ³

		2,65 Kg/dm ³	
DfCE-Mx/Ca/Su	Lutites, gresos, calcàries, margues i guixos	2,2 Kg/dm ³ , 2,3 Kg/dm ³ , 2,5 Kg/dm ³ , 2,2 Kg/dm ³ i 2,65 Kg/dm ³	2,37 Kg/dm ³
C-Ca	Calcàries	2,5 Kg/dm ³	2,5 Kg/dm ³
C-Do	Dolomies	2,5 Kg/dm ³	2,5 Kg/dm ³
C-Ca/Do	Calcàries i dolomies	2,5 Kg/dm ³	2,5 Kg/dm ³
CDh-Ca/Mx	Travertins i crostes carbonatades	2,5 Kg/dm ³	2,5 Kg/dm ³
CDg-Ca/Si	Bretxes de carbonats	2,606 Kg/dm ³	2,606 Kg/dm ³
CDf-Ca/Si	Margocalcàries, margues i calcàries	2,2 Kg/dm ³ i 2,5 Kg/dm ³	2,35 Kg/dm ³
DfC-Si/Ca	Margues i argiles	2,2 Kg/dm ³	2,2 Kg/dm ³
DgC-Mx/Ca	Conglomerats i calcàries	2,5 Kg/dm ³ i 2,606 Kg/dm ³	2,553 Kg/dm ³
DhC-Mx/Ca	Lutites, margues, gresos i calcàries	2,2 Kg/dm ³ , 2,2 Kg/dm ³ , 2,3 Kg/dm ³ i 2,5 Kg/dm ³	2,3 Kg/dm ³
DmC-Mx/Ca	Gresos i margues	2,3 Kg/dm ³ i 2,2 Kg/dm ³	2,25 Kg/dm ³
Dg-Mx	Conglomerats i bretxes	2,606 Kg/dm ³	2,606 Kg/dm ³
Dh-Mx	Conglomerats, gresos i lutites	2,606 Kg/dm ³ , 2,3 Kg/dm ³ i 2,2 Kg/dm ³	2,37 Kg/dm ³
Dm-Mx	Gresos	2,3 Kg/dm ³	2,3 Kg/dm ³
Df-Mx	Gresos i lutites	2,3 Kg/dm ³ i 2,2 Kg/dm ³	2,25 Kg/dm ³
DhNc-Mx	Graves i còdols, sorres i lutites	2,606 Kg/dm ³ , 2,3 Kg/dm ³ i 2,2 Kg/dm ³	2,37 Kg/dm ³
DmNc-Mx	Sorres	2,3 Kg/dm ³	2,3 Kg/dm ³
DfO-Mx/Mo	Lutites i pissarres ampelítiques	2,2 Kg/dm ³ i 2,785 Kg/dm ³	2,5 Kg/dm ³
DfONc-Mx/Mo	Lutites i torba	2,2 Kg/dm ³ i 2,75 Kg/dm ³	2,5 Kg/dm ³
CO-Ca/Mo	Calcàries i lignits	2,5 Kg/dm ³ i 2,75 Kg/dm ³	2,625 Kg/dm ³
DhCO-PI/Mo	Gresos, conglomerats, margues i lignits	2,3 Kg/dm ³ , 2,606 Kg/dm ³ , 2,2 Kg/dm ³ i 2,75 Kg/dm ³	2,464 Kg/dm ³
Dg-Q/Si	Conglomerats i bretxes	2,606 Kg/dm ³	2,606 Kg/dm ³
Dh-Q/Si	Gresos, lutites i conglomerats	2,3 Kg/dm ³ , 2,2 Kg/dm ³ i 2,606 Kg/dm ³	2,37 Kg/dm ³
Dm-Q/Si	Gresos	2,3 Kg/dm ³	2,3 Kg/dm ³
P-Q/Si	Leucogranits, granits, franodiorites i tonalites	2,815 Kg/dm ³	2,815 Kg/dm ³
V-Q/Si	Riolites i roques volcàniques intermèdies	2,7 Kg/dm ³	2,7 Kg/dm ³
G-Q/Si	Gneis	2,815 Kg/dm ³	2,815 Kg/dm ³
Df-Si/Q	Lutites, pissarres	2,2 Kg/dm ³ i 2,785 Kg/dm ³	2,5 Kg/dm ³
P-Si/Q	Diorites i roques plutòniques intermèdies	2,7 Kg/dm ³	2,7 Kg/dm ³
P-Si	Ofites i roques plutòniques ultrabàsiques	2,7 Kg/dm ³	2,7 Kg/dm ³
V-Si	Basalts i piroclasts	2,7 Kg/dm ³	2,7 Kg/dm ³
CDf-PI	Calcàries. Calcopelites.	2,5 Kg/dm ³ , 2,2 Kg/dm ³	2,35 Kg/dm ³

	Lutites		
CDm-PI	Calcàries i/o Dolomies. Margues. Gresos.	2,5 Kg/dm ³ , 2,2 Kg/dm ³ i 2,3 Kg/dm ³	2,33 Kg/dm ³
DhC-PI	Gresos. Conglomerats. Calcàries.	2,3 Kg/dm ³ , 2,606 Kg/dm ³ i 2,5 Kg/dm ³	2,47 Kg/dm ³
M-PI	Esquists i migmatites. Gneis. Marbres i roques calcosilicatades.	2,815 Kg/dm ³	2,815 Kg/dm ³
A-m	Moll	-----	-----

Taula V: Codi d'agrupacions de materials i les densitats corresponents.

A partir d'aquesta taula de densitats s'ha establert per cada unitat de territori una densitat representativa, que correspon a l'agrupació de materials que és més freqüent en aquella unitat de territori.

Si s'utilitza la paraula DENSITAT a una unitat de territori vol dir que hi ha diferents associacions de materials i s'agafa com a densitat la mitjana de les densitats de cada associació de materials.

La taula VI mostra les densitats en Tn/km³ per cada unitat de territori.

UT	Codi material	Densitat en Kg/dm ³	Densitat en Tn/km ³
1E	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
1F	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
1G	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
1H	CDf-PI	2,35	2,350E+09
2E	CDf-PI	2,35	2,350E+09
2F	CDf-PI	2,35	2,350E+09
2G	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
2H	CDf-PI	2,35	2,350E+09
2I	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
2J	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
3E	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
3F	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
3G	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
3H	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
3I	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
3J	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
4E	Df-Si/Q	2,5	2,500E+09
4F	CDf-PI	2,35	2,350E+09
4G	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
4H	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
4I	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
4J	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09

4K	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
4L	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
4M	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
4N	Dg-Mx	2,606	2,606E+09
4T	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
4U	P-Si/Q	2,7	2,700E+09
4V	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
5F	DENSITAT	2,35	2,350E+09
5G	DENSITAT	2,49	2,490E+09
5H	DENSITAT	2,37	2,370E+09
5I	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
5J	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
5K	DENSITAT	2,545	2,545E+09
5L	DENSITAT	2,59	2,590E+09
5M	DENSITAT	2,37	2,370E+09
5N	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
5O	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
5P	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
5Q	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
5R	DfCE-Mx/Ca/Su	2,37	2,370E+09
5S	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
5T	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
5U	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
5V	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
6E	Dg-Mx	2,606	2,606E+09
6F	DENSITAT	2,453	2,453E+09
6G	DENSITAT	2,453	2,453E+09
6H	DENSITAT	2,553	2,553E+09
6I	DENSITAT	2,42	2,420E+09
6J	DENSITAT	2,45	2,450E+09
6K	DENSITAT	2,44	2,440E+09
6L	DENSITAT	2,44	2,440E+09
6M	DENSITAT	2,36	2,360E+09
6N	Cdf-PI	2,35	2,350E+09
6O	DENSITAT	2,385	2,385E+09
6P	DENSITAT	2,385	2,385E+09
6Q	DENSITAT	2,387	2,387E+09
6R	DENSITAT	2,387	2,387E+09
6S	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
6T	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
6U	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
6V	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
6W	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09

7E	Df-Mx	2,25	2,250E+09
7F	DENSITAT	2,31	2,310E+09
7G	DENSITAT	2,37	2,370E+09
7H	DENSITAT	2,34	2,340E+09
7I	DENSITAT	2,25	2,250E+09
7J	DENSITAT	2,485	2,485E+09
7K	DENSITAT	2,479	2,479E+09
7L	DENSITAT	2,44	2,440E+09
7M	DENSITAT	2,44	2,440E+09
7N	DENSITAT	2,4	2,400E+09
7O	DENSITAT	2,4	2,400E+09
7P	DENSITAT	2,38	2,380E+09
7Q	DENSITAT	2,5	2,500E+09
7R	DENSITAT	2,4	2,400E+09
7S	DENSITAT	2,4	2,400E+09
7T	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
7U	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
8E	DENSITAT	2,35	2,350E+09
8F	DENSITAT	2,37	2,370E+09
8G	DENSITAT	2,37	2,370E+09
8H	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
8I	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
8J	Df-Mx	2,25	2,250E+09
8K	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
8L	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
8M	DENSITAT	2,31	2,310E+09
8N	Df-Mx	2,25	2,250E+09
8O	DENSITAT	2,27	2,270E+09
8P	DENSITAT	2,27	2,270E+09
8Q	DENSITAT	2,27	2,270E+09
8R	DENSITAT	2,25	2,250E+09
8S	DENSITAT	2,31	2,310E+09
8T	DENSITAT	2,337	2,337E+09
8U	DENSITAT	2,337	2,337E+09
8V	DENSITAT	2,435	2,435E+09
9D	CO-Ca/Mo	2,625	2,625E+09
9E	C-Ca	2,5	2,500E+09
9F	DENSITAT	2,5	2,500E+09
9G	DENSITAT	2,55	2,550E+09
9H	Df-Mx	2,25	2,250E+09
9I	Df-Mx	2,25	2,250E+09
9J	Df-Mx	2,25	2,250E+09
9K	Df-Mx	2,25	2,250E+09

9L	Df-Mx	2,25	2,250E+09
9M	Df-Mx	2,25	2,250E+09
9N	DENSITAT	2,275	2,275E+09
9O	DENSITAT	2,275	2,275E+09
9P	DmC-Mx/Ca	2,25	2,250E+09
9Q	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
9R	DENSITAT	2,55	2,550E+09
9S	DENSITAT	2,488	2,488E+09
9T	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
9U	DENSITAT	2,4	2,400E+09
9V	DENSITAT	2,3	2,300E+09
10C	Df-Mx	2,25	2,250E+09
10D	Df-Mx	2,25	2,250E+09
10E	Df-Mx	2,25	2,250E+09
10F	DENSITAT	2,42	2,420E+09
10G	Df-Mx	2,25	2,250E+09
10H	Df-Mx	2,25	2,250E+09
10I	Df-Mx	2,25	2,250E+09
10J	Df-Mx	2,25	2,250E+09
10K	DENSITAT	2,275	2,275E+09
10L	DhC-Mx/Ca	2,3	2,300E+09
10M	DhC-Mx/Ca	2,3	2,300E+09
10N	DhC-Mx/Ca	2,3	2,300E+09
10O	DENSITAT	2,275	2,275E+09
10P	DENSITAT	2,5925	2,593E+09
10Q	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
10R	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
10S	DENSITAT	2,488	2,488E+09
10T	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
10U	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
10V	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
11C	DENSITAT	2,335	2,335E+09
11D	DENSITAT	2,31	2,310E+09
11E	Df-Mx	2,25	2,250E+09
11F	DENSITAT	2,31	2,310E+09
11G	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
11H	DENSITAT	2,37	2,370E+09
11I	DfCE-Mx/Ca/Su	2,37	2,370E+09
11J	DfCE-Mx/Ca/Su	2,37	2,370E+09
11K	DENSITAT	2,33	2,330E+09
11L	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
11M	DhC-Mx/Ca	2,3	2,300E+09
11N	DENSITAT	2,385	2,385E+09

11O	DhC-Mx/Ca	2,3	2,300E+09
11P	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
11Q	DENSITAT	2,37	2,370E+09
11R	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
11S	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
11T	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
12C	DENSITAT	2,37	2,370E+09
12D	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
12E	Df-Mx	2,25	2,250E+09
12F	Df-Mx	2,25	2,250E+09
12G	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
12H	DfCE-Mx/Ca/Su	2,37	2,370E+09
12I	DfCE-Mx/Ca/Su	2,37	2,370E+09
12J	DfCE-Mx/Ca/Su	2,37	2,370E+09
12K	DENSITAT	2,25	2,250E+09
12L	DENSITAT	2,33	2,330E+09
12M	Df-Mx	2,25	2,250E+09
12N	DENSITAT	2,488	2,488E+09
12O	DENSITAT	2,488	2,488E+09
12P	DENSITAT	2,59	2,590E+09
12Q	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
12R	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
12S	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
13C	DENSITAT	2,37	2,370E+09
13D	DfCE-Mx/Ca/Su	2,37	2,370E+09
13E	DENSITAT	2,35	2,350E+09
13F	DENSITAT	2,37	2,370E+09
13G	DENSITAT	2,31	2,310E+09
13H	DENSITAT	2,31	2,310E+09
13I	DENSITAT	2,335	2,335E+09
13J	DENSITAT	2,5	2,500E+09
13K	DENSITAT	2,44	2,440E+09
13L	DENSITAT	2,31	2,310E+09
13M	Df-Mx	2,25	2,250E+09
13N	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
13O	DENSITAT	2,56	2,560E+09
13P	P-Q/Si	2,815	2,815E+09
13Q	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
14C	DfCE-Mx/Ca/Su	2,37	2,370E+09
14D	DENSITAT	2,307	2,307E+09
14E	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
14F	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
14G	DENSITAT	2,37	2,370E+09

14H	DENSITAT	2,435	2,435E+09
14I	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
14J	DENSITAT	2,44	2,440E+09
14K	DENSITAT	2,55	2,550E+09
14L	Dg-Mx	2,606	2,606E+09
14M	DENSITAT	2,5	2,500E+09
14N	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
14O	Dg-Mx	2,606	2,606E+09
15C	DENSITAT	2,335	2,335E+09
15D	DhC-Mx/Ca	2,3	2,300E+09
15E	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
15F	Dh-Q/Si	2,37	2,370E+09
15G	DENSITAT	2,516	2,516E+09
15H	DENSITAT	2,37	2,370E+09
15I	DENSITAT	2,435	2,435E+09
15J	DENSITAT	2,55	2,550E+09
15K	DENSITAT	2,49	2,490E+09
15L	DENSITAT	2,5	2,500E+09
15M	C-Ca/Do	2,5	2,500E+09
15N	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
15O	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
16B	DhC-Mx/Ca	2,3	2,300E+09
16C	DhC-Mx/Ca	2,3	2,300E+09
16D	DENSITAT	2,39	2,390E+09
16E	DENSITAT	2,33	2,330E+09
16F	DENSITAT	2,488	2,488E+09
16G	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
16H	C-Ca	2,5	2,500E+09
16I	DENSITAT	2,435	2,435E+09
16J	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
16K	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
17B	Df-Mx	2,25	2,250E+09
17C	DENSITAT	2,469	2,469E+09
17D	DENSITAT	2,469	2,469E+09
17E	DENSITAT	2,435	2,435E+09
17F	DENSITAT	2,435	2,435E+09
17G	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
17H	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
18B	Dg-Mx	2,606	2,606E+09
18C	DENSITAT	2,435	2,435E+09
18D	DENSITAT	2,4	2,400E+09
18E	DENSITAT	2,435	2,435E+09
18F	Dh-Mx	2,37	2,370E+09

19A	DENSITAT	2,5	2,500E+09
19B	DENSITAT	2,5	2,500E+09
19C	DENSITAT	2,435	2,435E+09
19D	DENSITAT	2,435	2,435E+09
19E	DENSITAT	2,37	2,370E+09
19F	DENSITAT	2,37	2,370E+09
20B	DENSITAT	2,435	2,435E+09
20C	Dh-Mx	2,37	2,370E+09
20D	DENSITAT	2,435	2,435E+09
20E	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
20F	DhNc-Mx	2,37	2,370E+09
21C	DENSITAT	2,476	2,476E+09
21D	DENSITAT	2,435	2,435E+09
21E	DmNc-Mx	2,3	2,300E+09

Taula VI: Densitats dels materials de cada unitat de territori.

3.4.2 El pes de les unitats de territori

Per calcular el pes de cada unitat de territori és tan senzill com multiplicar la densitat (en Tn/km³) pel volum corresponent (en km³) buscat anteriorment.

$$M_{ut} = \rho_{ut} \cdot V_{ut}$$

M_{ut} és la massa de la unitat de territori.

ρ_{ut} és la densitat de la unitat de territori.

V_{ut} és el volum de la unitat de territori.

La taula VII mostra la massa de cada unitat de territori en les que hem dividit Catalunya.

UT	Pes (Tn)
1E	1,852E+11
1F	4,370E+11
1G	2,844E+11
1H	8,078E+10
2E	1,939E+11
2F	6,668E+11
2G	7,258E+11
2H	6,492E+11
2I	4,459E+11
2J	1,778E+11
3E	1,583E+10
3F	7,864E+11
3G	1,038E+12
3H	6,132E+11
3I	6,488E+11
3J	5,333E+11
4E	3,125E+10
4F	5,288E+11
4G	8,206E+11
4H	6,192E+11
4I	5,184E+11
4J	5,866E+11
4K	9,628E+10
4L	4,381E+11
4M	1,615E+11
4N	5,701E+10
4T	1,320E+10
4U	4,212E+09
4V	4,148E+10
5F	4,098E+11
5G	4,949E+11
5H	4,814E+11
5I	6,073E+11
5J	4,029E+11
5K	5,647E+11
5L	5,730E+11
5M	4,710E+11
5N	2,326E+11
5O	6,029E+11
5P	4,992E+11
5Q	1,185E+11
5R	6,962E+10

UT	Pes (Tn)
5T	8,621E+10
5U	7,184E+10
5V	1,259E+10
6E	1,140E+10
6F	3,702E+11
6G	3,603E+11
6H	5,441E+11
6I	4,810E+11
6J	3,920E+11
6K	6,009E+11
6L	6,070E+11
6M	5,222E+11
6N	5,023E+11
6O	4,561E+11
6P	4,114E+11
6Q	2,685E+11
6R	2,178E+11
6S	1,273E+11
6T	3,999E+10
6U	3,925E+10
6V	5,184E+10
6W	7,406E+08
7E	5,273E+10
7F	2,960E+11
7G	2,207E+11
7H	3,920E+11
7I	3,502E+11
7J	4,535E+11
7K	5,609E+11
7L	5,521E+11
7M	4,255E+11
7N	3,975E+11
7O	3,255E+11
7P	4,031E+11
7Q	2,156E+11
7R	1,485E+11
7S	7,350E+10
7T	3,703E+10
7U	3,037E+10
8E	1,608E+11
8F	3,111E+11
8G	3,214E+11

UT	Pes (Tn)
8H	2,903E+11
8I	2,459E+11
8J	2,559E+11
8K	3,259E+11
8L	3,525E+11
8M	2,296E+11
8N	2,573E+11
8O	2,554E+11
8P	2,483E+11
8Q	2,965E+11
8R	1,645E+11
8S	7,941E+10
8T	3,944E+10
8U	3,652E+10
8V	1,446E+10
9D	8,203E+09
9E	2,328E+11
9F	2,297E+11
9G	2,454E+11
9H	1,589E+11
9I	1,898E+11
9J	2,588E+11
9K	2,447E+11
9L	1,983E+11
9M	1,786E+11
9N	1,976E+11
9O	2,332E+11
9P	1,983E+11
9Q	3,097E+11
9R	1,434E+11
9S	4,199E+10
9T	8,147E+10
9U	5,250E+10
9V	1,725E+10
10C	2,813E+09
10D	5,695E+10
10E	1,252E+11
10F	1,195E+11
10G	1,167E+11
10H	1,392E+11
10I	1,758E+11
10J	1,927E+11

UT	Pes (Tn)	UT	Pes (Tn)	UT	Pes (Tn)
10K	2,531E+11	12P	7,284E+10	15N	1,778E+10
10L	1,711E+11	12Q	1,082E+11	15O	2,963E+09
10M	1,366E+11	12R	4,486E+10	16B	6,828E+10
10N	1,826E+11	12S	3,703E+09	16C	1,423E+11
10O	2,815E+11	13C	2,814E+10	16D	1,001E+11
10P	3,305E+11	13D	7,554E+10	16E	5,679E+10
10Q	3,448E+11	13E	1,160E+11	16F	1,633E+11
10R	1,214E+11	13F	1,526E+11	16G	8,443E+10
10S	4,199E+10	13G	1,747E+11	16H	4,531E+10
10T	5,982E+10	13H	2,122E+11	16I	2,739E+10
10U	4,750E+10	13I	2,350E+11	16J	1,703E+10
10V	1,759E+09	13J	2,719E+11	16K	5,925E+09
11C	5,692E+10	13K	2,089E+11	17B	6,680E+10
11D	1,083E+11	13L	1,083E+11	17C	1,404E+11
11E	7,172E+10	13M	7,172E+10	17D	9,104E+10
11F	8,807E+10	13N	6,962E+10	17E	8,979E+10
11G	1,111E+11	13O	4,960E+10	17F	1,438E+11
11H	1,170E+11	13P	5,454E+10	17G	1,481E+10
11I	1,881E+11	13Q	3,703E+09	17H	4,444E+09
11J	2,503E+11	14C	7,851E+10	18B	1,336E+11
11K	2,432E+11	14D	1,168E+11	18C	1,857E+11
11L	1,733E+11	14E	1,674E+11	18D	1,005E+11
11M	2,199E+11	14F	2,266E+11	18E	8,370E+10
11N	1,237E+11	14G	2,785E+11	18F	2,592E+10
11O	2,156E+11	14H	2,070E+11	19A	1,563E+10
11P	2,103E+11	14I	1,615E+11	19B	2,688E+11
11Q	1,422E+11	14J	2,074E+11	19C	1,446E+11
11R	7,917E+10	14K	1,642E+11	19D	4,718E+10
11S	4,398E+10	14L	8,470E+10	19E	3,259E+10
11T	2,991E+10	14M	1,453E+11	19F	2,222E+09
12C	2,814E+10	14N	6,073E+10	20B	1,035E+11
12D	4,888E+10	14O	2,606E+10	20C	8,443E+10
12E	5,484E+10	15C	7,151E+10	20D	5,022E+10
12F	1,027E+11	15D	5,319E+10	20E	3,555E+10
12G	1,170E+11	15E	1,378E+11	20F	1,703E+10
12H	1,644E+11	15F	2,029E+11	21C	1,780E+10
12I	2,355E+11	15G	2,846E+11	21D	2,968E+10
12J	2,474E+11	15H	1,674E+11	21E	4,313E+09
12K	1,561E+11	15I	7,457E+10		
12L	1,675E+11	15J	7,331E+10		
12M	1,280E+11	15K	4,513E+10		
12N	1,726E+11	15L	5,000E+10		
12O	6,998E+10	15M	6,797E+10		

Taula VII: Pes de cada unitat de territori.

Els càlculs per trobar el pes estan a l'Annex 4

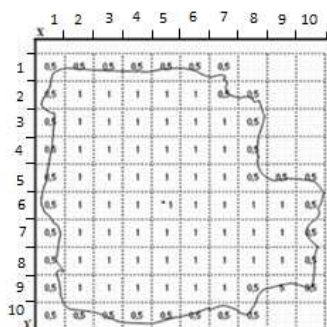
3.5 El punt d'equilibri de Catalunya

La metodologia que en aquest cas s'utilitza per trobar el punt d'equilibri de Catalunya és una variant de la metodologia que es fa servir per trobar el centre geogràfic d'una àrea geogràfica.

3.5.1 Centre geogràfic d'una àrea geogràfica

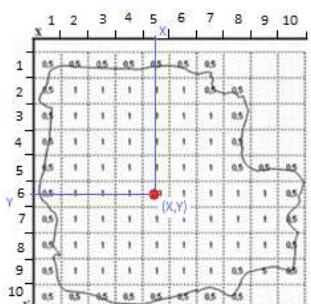
La metodologia per trobar el centre geogràfic d'una àrea geogràfica es basa en fer una retícula quadrangular en el mapa de l'àrea geogràfica a estudiar.

A aquesta retícula quadrangular se li assigna un sistema de coordenades, amb l'origen en el punt de dalt a l'esquerra. El sistema de coordenades té dos eixos, l'eix horitzontal que mesura cap a l'Est, es denomina X i el vertical que mesura cap el Sud, es denomina Y.



Gràfic IV: Retícula quadrangular amb coordenades.

A partir d'aquí un punt de la superfície té dues coordenades i es determinen de la següent manera: la coordenada X mesurant des de l'origen de coordenades cap a l'Est. La coordenada Y des de l'origen de coordenades cap al Sud.



Gràfic V: Retícula amb un punt.

A partir d'aquest criteri de situació de punts es pot trobar, per exemple, el punt mig de diversos punts de la superfície, que representa la localització del centre dels punts.

El centre de diversos punts es determina calculant la mitjana aritmètica de les coordenades en l'eix X (cap a l'Est) i la mitjana aritmètica de les coordenades en l'eix Y (cap al Sud). Aquestes dues coordenades mitjanes marquen la localització del centre dels punts.

Per tant, les coordenades del centre de diversos punts es troben ponderant per igual les coordenades X i les coordenades Y dels punts.

Per trobar el centre d'una superfície, una vegada reticulada amb quadrats iguals de costat 1, a tots els quadrats que formen part de la superfície se'ls i assigna un punt que és el centre de cada quadrat.

És a dir, per seguir amb el procediment es substitueix la superfície de les quadrícules per una matriu de punts.

Amb aquesta metodologia es pot trobar el centre de la superfície buscant el centre dels punts de la matriu resultant. Per tant, ponderat per igual el punts de la matriu trobem el centre geogràfic.

Si la superfície no és regular, és a dir, si quan es reticula la superfície es troben quadrats no complerts, aleshores s'aplica la mateixa metodologia anterior, però ponderant amb valor 1 els punts de la matriu que representin els quadrats plens, i amb 0,5 els punts de la matriu que representin quadrats no complerts, que són els que coincideixen amb la frontera de la superfície. Fent servir la següent fórmula es troben les coordenades del centre de la superfície.

$$X_c = (\sum XP_i + \sum XNP_i \cdot 0,5) / (nP + 0,5nNP)$$

$$Y_c = (\sum YP_i + \sum YNP_i \cdot 0,5) / (nP + 0,5nNP)$$

X_c i Y_c són les coordenades del centre de la superfície.

XP_i i YP_i són les coordenades dels punts dels quadrats plens.

XNP_i i YNP_i Són les coordenades del quadrats no plens.

nP és el nombre de quadrats plens.

nNP és el nombre de quadrats no plens.

Per trobar el centre geogràfic d'una àrea geogràfica només caldrà aplicar aquest mètode i fer la conversió de les coordenades trobades a les coordenades UTM de

l'àrea geogràfica. És a dir, a partir de les coordenades d'UTM de l'origen i el valor de cada unitat de coordenades en valor UTM, podem trobar el punt buscat.

3.5.2 El punt d'equilibri de un sòlid geogràfic.

La metodologia per buscar el punt d'equilibri d'un sòlid geogràfic és la mateixa que s'utilitza per trobar el centre d'una superfície geogràfica, però canviant la ponderació dels punts que representen els quadrats de cada unitat de territori.

La retícula que s'utilitza és la que es fa en l'apartat 3.1 Quadricular Catalunya, i on cada quadrat coincideix amb una unitat de territori.

Com ja s'ha dit anteriorment el que canvia és la ponderació. A cada punt se li assigna el pes de la unitat de territori que li correspon segons les coordenades. A diferència del centre geogràfic no és té en compte si la superfície del quadrat està plena ja que això s'ha tingut en compte alhora de calcular el volum, i per tan el pes que s'assigna a la quadrícula correspon al pes aproximat per aquella zona geogràfica.

El següent quadre mostra les coordenades dels punts i la distribució dels pesos de cada punt. El quadre es troba ampliat a l'Annex 6.

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AV
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
3	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
4	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
5	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
6	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145
7	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
8	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193
9	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217
10	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241
11	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265
12	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289
13	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313
14	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337
15	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361
16	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385
17	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409
18	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433
19	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457
20	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481
21	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505
22	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529
23	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553
24	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577
25	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601
26	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625
27	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649
28	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673
29	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697
30	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721
31	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745
32	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769
33	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793
34	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817
35	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841
36	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865
37	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889
38	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913
39	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937
40	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961
41	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985
42	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009
43	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033
44	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057
45	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081
46	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105
47	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129
48	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153
49	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177
50	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201
51	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225
52	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249
53	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273
54	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297
55	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321
56	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335</										

Així doncs, per trobar les coordenades del punt d'equilibri del sòlid geogràfic s'utilitzen les següents fórmules:

$$X_{pe} = (\sum X_i \cdot P_i) / \sum P_i$$

$$Y_{pe} = (\sum Y_i \cdot P_i) / \sum P_i$$

On X_{pe} és la coordenada X del punt d'equilibri.

Y_{pe} és la coordenada Y del punt d'equilibri.

X_i i Y_i són les coordenades dels punts.

P_i és la suma de pesos de cada fila i columna.

Les següents taules mostren les coordenades, el pes i la ponderació de la coordenada.

COLUMNES		
X_i	P_i	$X_i \cdot P_i$
0,5	15625000000	7812500000
1,5	6,40873E+11	9,6131E+11
2,5	9,81243E+11	2,45311E+12
3,5	8,86544E+11	3,1029E+12
4,5	1,85952E+12	8,36783E+12
5,5	5,28033E+12	2,90418E+13
6,5	5,69347E+12	3,70076E+13
7,5	4,88606E+12	3,66455E+13
8,5	4,58506E+12	3,8973E+13
9,5	4,32065E+12	4,10462E+13
10,5	3,46976E+12	3,64325E+13
11,5	3,47575E+12	3,99712E+13
12,5	2,75774E+12	3,44717E+13
13,5	2,27137E+12	3,06635E+13
14,5	2,51882E+12	3,65228E+13
15,5	2,42853E+12	3,76423E+13
16,5	1,80777E+12	2,98283E+13
17,5	9,89334E+11	1,73133E+13
18,5	5,71127E+11	1,05659E+13
19,5	3,87063E+11	7,54774E+12
20,5	2,8219E+11	5,7849E+12
21,5	1,39377E+11	2,9966E+12
22,5	740625000	16664062500
	5,0249E+13	4,87364E+14

FILES		
Y_i	P_i	$Y_i \cdot P_i$
0,5	9,8731E+11	4,93653E+11
1,5	2,8593E+12	4,28894E+12
2,5	3,6356E+12	9,08895E+12
3,5	3,9165E+12	1,37077E+13
4,5	5,8576E+12	2,63593E+13
5,5	6,0043E+12	3,30239E+13
6,5	4,9346E+12	3,20746E+13
7,5	3,8853E+12	2,91398E+13
8,5	3,2206E+12	2,73751E+13
9,5	2,9014E+12	2,75637E+13
10,5	2,4729E+12	2,59658E+13
11,5	1,9226E+12	2,21096E+13
12,5	1,8324E+12	2,29054E+13
13,5	1,9246E+12	2,59817E+13
14,5	1,2491E+12	1,81121E+13
15,5	7,1084E+11	1,1018E+13
16,5	5,5113E+11	9,09364E+12
17,5	5,2935E+11	9,26365E+12
18,5	5,1094E+11	9,4524E+12
19,5	2,9073E+11	5,66914E+12
20,5	5,1785E+10	1,0616E+12
	5,0249E+13	3,63749E+14

Taula VIII: Mostra les coordenades, el pes i la ponderació de la coordenada.

Ara es fan els calculs de les coordenades X i Y del punt d'equilibri de Catalunya.

$$X_{pe} = (\sum X_i \cdot P_i) / \sum P_i = (4,87364E+14) / (5,0249E+13) = 9,698994763$$

$$Y_{pe} = (\sum Y_i \cdot P_i) / \sum P_i = (3,63749E+14) / (5,0249E+13) = 7,2389337$$

Per tant, en el sistema de coordenades creat el punt d'equilibri es troba en el punt: (9,698994763, -7,2389337).

En el mapa topogràfic, que utilitza les coordenades UTM, el punt (0,0) del sistema creat correspon el punt X= 250000E Y=4750000N en coordenades UTM.

Per trobar el punt que es busca en coordenades UTM cal explicar el factor de conversió, que és el següent:

1 unitat = 12500 unitats UTM

Sabent on és l'origen en coordenades UTM només cal multiplicar les coordenades del punt per 12500 i sumar l'origen, en coordenades UTM :

$$X = 9,698994763 \cdot 12500 + 250000 = 371237$$

$$Y = -7,2389337 \cdot 12500 + 4750000 = 4.659.513$$

El punt d'equilibri de Catalunya és el punt de coordenades UTM:

X= 371237E

Y= 4659513N

Utilitzant un conversor (<http://translate.google.es/translate?hl=ca&langpair=en|ca&u=http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html>) de coordenades UTM a coordenades geogràfiques, s'obtenen les següents:

Longitud 1° 26' 32.20"E

Latitud 42° 4' 31.03"N

Utilitzant l'eina per buscar localitzacions geogràfiques del Google Earth s'obté la fotografia per satèl·lit del punt d'equilibri de Catalunya.



Punt d'equilibri de Catalunya

Buscant la informació de les coordenades geogràfiques a través de la pàgina web de l'Institut Cartogràfic de Catalunya es troba la ubicació del punt d'equilibri de Catalunya en el municipi de Lladurs situat a la comarca del Solsonès. Concretament a prop de les masies del Clop i la Tàpia. El municipi de Lladurs és el segon més extens de la comarca i té 193 habitants.

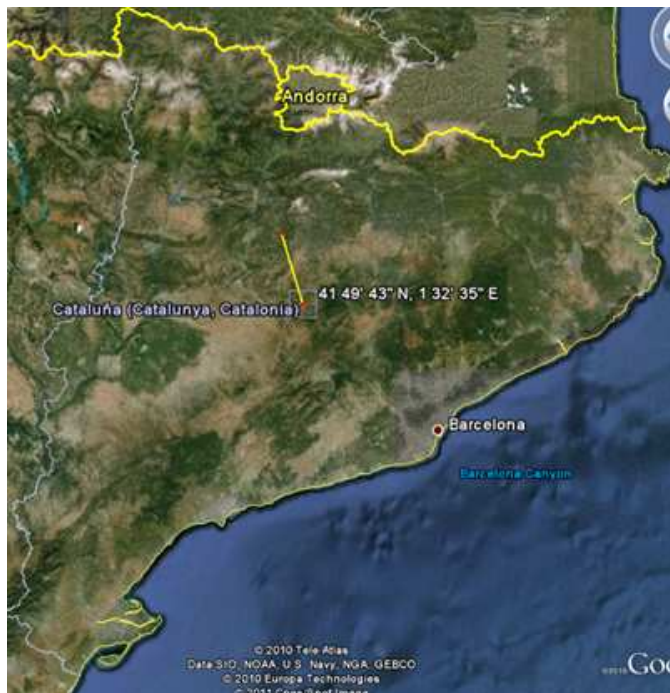


El castell de Lladurs i l'antiga parròquia de Sant Martí

4. Conclusions

El resultats obtinguts amb la elaboració del treball de recerca permeten treure un seguit de conclusions que s'exposen seguidament:

- 1) El principal objectiu del treball és buscar el punt d'equilibri de Catalunya, entenent que és el punt d'equilibri del sòlid geogràfic del Principat de Catalunya. Aquest es situa al punt geogràfic de coordenades: **Longitud 1° 26' 32.20"E** **Latitud 42° 4' 31.03"N**. Cal dir que aquest punt és una aproximació, ja que els mètodes que s'han utilitzat per trobar-lo són aproximatius.
- 2) El punt d'equilibri de Catalunya es situa al terme municipal de Lladurs, a la comarca del Solsonès, entre les masies del Clop i la Tàpia.
- 3) Geogràficament el punt d'equilibri es situa a 21,68 km cap el nord-oest del centre geogràfic de Catalunya, que està ubicat al terme municipal de Pinós (41° 49' 43" N, 1° 32' 35" E), de la comarca del Solsonès, tal com es pot observar en el mapa adjunt.



Punt d'equilibri de Catalunya i punt geogràfic.

- 4) La distància que hi ha entre el punt d'equilibri i el centre geogràfic de Catalunya és relativament petita. El fet que el punt d'equilibri es situï cap al nord-oest del punt geogràfic és degut a la gran massa que suposen els

Pirineus, sobretot els situats al nord-oest del centre geogràfic de Catalunya, amb un relleu orogràfic molt superior en altura que el de la resta de Catalunya. En aquestes zones els punts més alts de les muntanyes arriben a superar els 2900 m d'altura.

- 5) El treball també ha permès trobar la superfície aproximada de Catalunya. En el desenvolupament del treball el valor obtingut és de 30.728,75 km². La superfície real és de 31.895 km². Amb el mètode utilitzat tenim un error del 3,65% que donada la complexitat dels càlculs i de la magnitud de la superfície estudiada podem considerar com acceptable.
- 6) El treball permet també calcular quin és el volum del territori de Catalunya que està per sobre del nivell del mar, aquest és de 20.859,6645 km³.
- 7) A més del volum de Catalunya també el treball ens permet saber el pes d'aquest volum que forma el sòlid geogràfic de Catalunya. El pes és de 5,025E+13 Tn.

El final s'ha aconseguit l'objectiu que es buscava que era trobar el punt d'equilibri de Catalunya. També destacar que ens dona prop de la zona on esperàvem que donaria.



Senyal indicativa de les masies del Clop i la Tàpia



Fotografia de la masia del Clop feta des del punt d'equilibri

Bibliografia

Pàgines web:

[http://ca.encydia.com/pt/Equilibri_est%C3%A1tico_\(F%C3%ADsica\)](http://ca.encydia.com/pt/Equilibri_est%C3%A1tico_(F%C3%ADsica)) (2/11/2010).

<http://sites.google.com/site/practiquesciencies1er/practica-4-la-densitat-de-les-roques-de-l-escorca> (2/11/2010).

<http://www.albaiges.com/geografia/cdgcatalunya.htm> (2/11/2010).

<http://creureeneldema.blogspot.com/2010/08/pinos-centre-geografic-de-catalunya.html> (3/11/2010).

<http://ichn.iec.cat/bages/geologia/geologia2.htm> (10/11/2010).

<http://tecno.upc.es/c6/PedraCeramica/Pedra.htm> (4/12/2010).

<http://www.monografias.com/trabajos14/equilibriocuerp/equilibriocuerp.shtml> (4/12/2010).

http://ca.wikipedia.org/wiki/Mapa_topogr%C3%A0fic (4/12/2010).

http://ca.wikipedia.org/wiki/Projecci%C3%B3_Universal_Transversa_de_Mercator (4/12/2010).

<http://translate.google.es/translate?hl=ca&langpair=en|ca&u=http://home.hiwaay.net/~taylorc/toolbox/geography/geoutm.html> (10/01/2011)

<http://www.icc.cat/> (2/11/2010).

Material gràfic:

Mapa Topogràfic de Catalunya escala 1:250.000

ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya) edició juliol 2009

Mapa litològic de Catalunya escala 1:250.000

ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya) edició juliol 2009