

Implantació d'una solució SIG per a l'ajuda a la presa de decisions per l'explotació de recursos del subsòl

Xavier Badia Verdeny
Enginyeria Tècnica d'Informàtica de Gestió
Treball Fi de Carrera

Consultor:
Jordi Marturià Alavedra

Curs 2007-2008 – 1r semestre

Resum

Aquest projecte té com a objectiu la implementació d'un Sistema d'Informació Geogràfic (SIG) que permeti ajudar en la presa de decisions per l'explotació de recursos del subsòl.

Per tal de portar a terme aquest objectiu, s'aprofundeix en l'estudi de les principals característiques d'un SIG i dels conceptes bàsics de cartografia i geodèsia. Aquests coneixements permeten saber com s'obté la posició d'un element situat sobre la superfície de la terra i com després, aquesta posició es pot transformar en una posició d'un mapa.

Posteriorment, es realitza un treball de recerca de les fonts d'informació cartogràfica gratuïta d'Internet així com un aprenentatge i valoració del programari lliure *gvSIG1.1* i d'algunes de les seves extensions. Es presta una especial atenció a les eines de generació i anàlisi de models digitals del terreny.

Finalment, en la part més pràctica del treball, es realitza un estudi de cinc finques del terme municipal de Bellvís, sobre les que s'ha realitzat uns sondejos amb l'ajuda de cartografia que s'ha descarregat d'Internet. Amb aquestes dades, el programari *gvSIG* i algunes de les seves extensions com *SEXTANTE*, es realitza el càlcul del volum de terres disponibles en el subsòl.

Índex

INTRODUCCIÓ.....	7
1.1. JUSTIFICACIÓ DEL TFC I CONTEXT EN EL QUE ES DESENVOLUPA	7
1.2. OBJECTIUS DEL TFC.....	7
1.3. ENFOCAMENT I MÈTODE SEGUIT.....	7
1.4. PLANIFICACIÓ DEL PROJECTE	7
1.5. PRODUCTES OBTINGUTS.....	8
1.6. DESCRIPCIÓ DELS CAPÍTOLS	9
1. SIG (SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA).....	10
2.1. INTRODUCCIÓ.....	10
2.2. DEFINICIÓ DE SIG.....	10
2.3. ELEMENTS DELS SIG.....	10
2.4. FUNCIONS DELS SIG.....	11
2.4.1. CAPTURA DE DADES.....	12
2.4.2. EMMAGATZEMAMENT DE DADES.....	12
2.4.3. CONSULTA I MODIFICACIÓ DE DADES.....	13
2.4.4. ANÀLISI DE DADES.....	14
2.4.5. SORTIDA DE DADES.....	14
2.5. APLICACIONS DELS SIG I DIFERÈNCIA AMB ALTRES SISTEMES D'INFORMACIÓ.....	14
3. CARTOGRAFIA I GEODÈSIA	16
3.1. DEFINICIÓ DE CARTOGRAFIA	16
3.1.1. SISTEMA DE COORDENADES GEOGRÀFIQUES	16
3.1.2. REPRESENTACIÓ CARTOGRÀFICA	17
3.2. DEFINICIÓ DE GEODÈSIA	17
3.2.1. GEOIDE, EL·LIPSOIDE I DATUM.....	17
3.3. PROJECCIONS CARTOGRÀFIQUES.....	18
3.4. SISTEMA DE COORDENADES UTM.....	19
4. EINES I RECURSOS PER A LA CONSTRUCCIÓ D'UN SIG	20
4.1. FONTS D'INFORMACIÓ CARTOGRÀFICA GRATUÏTA EN INTERNET.....	20
4.1.1. SERVIDORS DE DESCÀRREGA DE DADES.....	20
4.1.2. SERVIDORS PER NAVEGAR SOBRE CARTOGRAFIA	21
4.2. PROGRAMARI LLIURE gvSIG 1.1	23
4.2.1. CARACTERÍSTIQUES.....	24
4.2.2. L'ENTORN D'USUARI.....	25
4.2.3. VALORACIÓ DEL PROGRAMARI	26
4.2.3.1. FUNCIONALITAT D'EDICIÓ.....	27

4.2.3.2.	<i>FUNCIONALITATS D'ANÀLISI I CONSULTA</i>	28
4.2.3.3.	<i>RENDIMENT</i>	29
4.2.3.4.	<i>ACCÉS A DIFERENTS ORÍGENS DE DADES</i>	29
4.2.3.5.	<i>DOCUMENTACIÓ ASSOCIADA</i>	30
4.2.3.6.	<i>SUPORT AL PRODUCTE</i>	31
4.2.3.7.	<i>EXPORTACIONS A FORMATS ESTÀNDAR</i>	31
4.2.3.8.	<i>ASPECTES NO COBERTS PEL PROGRAMARI</i>	32
4.2.3.9.	<i>VALORACIÓ PERSONAL PEL PROGRAMARI</i>	32
4.2.4.	<i>EXTENSIONS DEL PROGRAMARI</i>	33
4.2.5.	<i>L'EXTENSIÓ SEXTANTE</i>	34
5.	CAS PRÀCTIC. IMPLANTACIÓ D'UN SIG PER A L'AJUDA A LA PRESA DE DECISIONS PER L'EXPLOTACIÓ DE RECURSOS DEL SUBSÒL	36
5.1.	<i>PRESENTACIÓ DEL CAS</i>	36
5.2.	<i>CARTOGRAFIA DE REFERÈNCIA</i>	38
5.3.	<i>DISSENY DE LA BASE DE DADES I ATRIBUTS</i>	39
5.4.	<i>INCORPORACIÓ DE LES ENTITATS A GVSIG</i>	42
5.4.1.	<i>CAPES D'ALTIMETRIA</i>	42
5.4.1.1.	<i>CORBES DE NIVELL</i>	42
5.4.1.2.	<i>COTES ALTIMÈTRIQVES</i>	43
5.4.2.	<i>SONDEJOS</i>	43
5.4.3.	<i>DESCRIPCIÓ DE PARCEL·LES</i>	45
5.5.	<i>GENERACIÓ I UTILITZACIÓ DE MODELS DIGITALS DEL TERRENY</i>	47
5.5.1.	<i>MODELS DIGITALS DEL TERRENY</i>	47
5.5.2.	<i>MODELS DIGITALS D'ELEVACIONS</i>	47
5.5.3.	<i>ESTRUCTURA DE DADES DELS MODELS DIGITALS D'ELEVACIONS</i>	47
5.5.4.	<i>CONSTRUCCIÓ D'UN MODEL DIGITAL D'ELEVACIONS</i>	47
5.6.	<i>IMPLEMENTACIÓ DEL CÀLCUL DE VOLUM DE TERRES DE PARCEL·LES</i>	48
5.6.1.	<i>SÍNTESE DE LA METODOLOGIA UTILITZADA</i>	48
5.6.2.	<i>SELECCIÓ D'UNA PARCEL·LA</i>	49
5.6.3.	<i>CREACIÓ DELS MODELS DIGITALS D'ELEVACIONS</i>	49
5.6.4.	<i>RETALL DELS MODELS DIGITALS D'ELEVACIONS</i>	50
5.6.5.	<i>CÀLCUL DE VOLUMS</i>	51
5.6.6.	<i>RESULTATS DEL CÀLCUL DE VOLUMS</i>	52
5.6.7.	<i>ANÀLISI DELS RESULTATS</i>	52
6.	CONCLUSIONS	55
	GLOSSARI	56
	BIBLIOGRAFIA	58
	ANNEX	60

Índex de taules

TAULA 1: RESUM DE FITES	8
TAULA 2: COMPARATIVA DE REQUERIMENTS MÍNIM DE PROGRAMARI SIG	27
TAULA 3: COMPARATIVA DE PRESTACIONS DE DIFERENT PROGRAMARI SIG	29
TAULA 4: PARCEL·LES SOBRE LES QUE ES REALITZA L'ESTUDI	37
TAULA 5: DESCRIPCIÓ DE LES TAULES DE LA BASE DE DADES	41
TAULA 6: COMPARATIVA DELS RESULTATS DELS VOLUMS DE TERRA VEGETAL	52
TAULA 7: RESULTATS DEL CÀLCUL DE VOLUMS	52

Índex de figures

FIGURA 1: ELEMENTS DELS SIG.....	11
FIGURA 2: REPRESENTACIÓ DE DADES EN FORMAT VECTORIAL I RASTER.....	12
FIGURA 3: REPRESENTACIÓ DELS MDT.....	13
FIGURA 4: SISTEMA DE COORDENADES GEOGRÀFIQUES.....	16
FIGURA 5: RELACIÓ ENTRE GEOIDE, EL LIPSOIDE I DATUM.....	18
FIGURA 6: SISTEMES DE PROJECCIÓ.....	19
FIGURA 7: QUADRÍCULA DE ZONES UTM O FUSOS.....	19
FIGURA 8: VISUALITZADOR I GESTOR DE DESCÀRREGUES DE L'ICC.....	21
FIGURA 9: ESQUEMA FUNCIONAMENT <i>WEB SERVICES</i>	22
FIGURA 10: INFORMACIÓ CADASTRAL MOSTRADA SOBRE UN ORTOFOTOMAPA.....	23
FIGURA 11: LOGOTIP <i>gvSIG</i>	23
FIGURA 12: ARQUITECTURA DE <i>gvSIG</i>	24
FIGURA 13: INTERFÍCIE GRÀFICA.....	25
FIGURA 14: EDICIÓ ALFANUMÈRICA.....	27
FIGURA 15: EDICIÓ D'UNA CAPA EN ENTORN GRÀFIC.....	28
FIGURA 16: LLISTA DE FUNCIONALITATS DE <i>SEXTANTE</i>	35
FIGURA 17: SELECCIÓ DE PARÀMETRES PER UN EXTENSÍO.....	35
FIGURA 18: PLÀNOL DE SITUACIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI.....	36
FIGURA 19: FITXA DESCRIPTIVA DE LA PARCEL·LA 35.....	37
FIGURA 20: ESTRUCTURA DEL SÒL DE LA ZONA D'ESTUDI.....	38
FIGURA 21: VISUALITZACIÓ DELS TALLS 1:5.000 DE L'ICC.....	38
FIGURA 22: ESQUEMA DEL MODEL RELACIONAL DE DADES DELS SONDEJOS.....	41
FIGURA 23: FORMULARI D'ACTUALITZACIÓ DE DADES DELS SONDEJOS.....	41
FIGURA 24: BARRA D'ESTAT DESPRÉS D'AFEGIR LA PRIMERA CAPA A LA VISTA.....	42
FIGURA 25: REPRESENTACIÓ GRÀFICA DE CORBES DE NIVELL.....	42
FIGURA 26: CORBES DE NIVELL I COTES DE LA ZONA D'ESTUDI.....	43
FIGURA 27: CREACIÓ DE LA CONNEXIÓ ODBC AMB <i>MS ACCESS</i>	44
FIGURA 28: PARÀMETRES PER VINCULAR UNA TAULA <i>MS ACCESS</i> EN <i>gvSIG</i>	44
FIGURA 29: FINESTRA DE DIÀLEG PER AFEGIR TAULES.....	45
FIGURA 30: VISTA AMB LA TAULA DE SONDEJOS.....	45
FIGURA 31: VISTA RESULTANT DEL DIBUIX DE LES FINQUES.....	46
FIGURA 32: CREACIÓ DE CAPES A PARTIR D'UNA SELECCIÓ.....	49
FIGURA 33: SELECCIÓ DE CAPES A RETALLAR MITJANÇANT UN POLÍGON.....	51
FIGURA 34: CÀLCUL DE VOLUMS ENTRE CAPES.....	51
FIGURA 35: DIFERÈNCIES D'ALÇADA SEGONS LA FONT D'INFORMACIÓ.....	53
FIGURA 36: COMPARATIVA MDE DE LA SUPERFÍCIE DEL TERRENY (Z).....	54
FIGURA 37: PÍXELS DEL CENTRE DE LA PARCEL·LA 35 DE LA CAPA MDE DE SONDEJOS.....	54

Introducció

En aquest capítol es presenta el Treball Fi de Carrera (TFC) sobre la construcció d'un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) per a l'ajuda a la presa de decisions per l'explotació de recursos del subsòl.

1.1. Justificació del TFC i context en el que es desenvolupa

Els darreres anys han aportat un progrés molt important en tot el que fa referència als SIG. Per una banda, ha estat gràcies al desenvolupament i millora de tecnologies emergents com són els sistemes de posicionament d'objectes (GPS), Internet, etc. Per altra banda, la generalització de l'ús de la cartografia comporta la creació, per part de les Administracions Públiques, d'organismes especialitzats en la seva producció i distribució (instituts i departaments cartogràfics) amb l'objectiu de proveir a l'interès general que tant sols podria ser finançat mínimament per la demanda.

Aquest treball fa ús dels recursos lliures que es poden obtenir d'Internet, tant pel que fa al programari com a la cartografia de referència de l'estudi. Amb el suport d'aquesta informació i la subministrada, resultat dels sondejos realitzats sobre 5 parcel·les del terme municipal de Bellvís, es pretén confeccionar un SIG per a l'estudi dels recursos del subsòl.

1.2. Objectius del TFC

La realització d'aquest TFC té com objectius principals:

- Conèixer les característiques fonamentals d'un Sistema d'Informació Geogràfica.
- Saber plantejar un projecte SIG i utilitzar les eines que ens proporciona aquest per resoldre un problema concret.
- Aprendre a realitzar una aplicació SIG sobre un programari d'ús general.
- Implementar un SIG per tal de situar, gestionar i analitzar les dades digitals.

1.3. Enfocament i mètode seguit

Aquest treball s'estructura en dues parts amb continguts ben diferenciats:

- Teòrica: Pretén donar informació general sobre el món dels SIG i conèixer les seves principals característiques. Així mateix, es fa un anàlisi de informació cartogràfica gratuïta en Internet i una valoració del programari lliure *gvSIG*.
- Pràctica: Es centra en la resolució del cas pràctic plantejat amb l'ajuda dels coneixements adquirits en la part teòrica.

Per tal d'assolir els objectius marcats s'ha seguit la programació del treball, aprofundint en un principi en els conceptes teòrics i posteriorment combinant la pràctica del programari amb la consulta de manuals i tutorials, i comentant els dubtes en fòrums.

1.4. Planificació del projecte

La planificació d'aquest treball s'estructura en quatre parts en cadascuna de les quals es realitzarà el corresponent lliurament:

- Pla de Treball: Lectura de l'enunciat del TFC i confecció del document descriptiu de la planificació de l'assignatura.
- PAC 2: Confecció de la part teòrica.

- PAC 3: Confecció de la part pràctica.
- Memòria i Presentació: Confecció de la memòria i de la presentació virtual.

A continuació es mostra la taula de fites planificades i la data de finalització prevista per aquestes:

Fita	Data
Esborrany Pla de Treball	26-09-2007
Lliurament Pla de Treball	02-10-2007
Trobada presencial	06-10-2007
Finalització Capítol 2	11-10-2007
Finalització Capítol 3	16-10-2007
Finalització Capítol 4	27-10-2007
Esborrany de la PAC 2	29-10-2007
Lliurament de la PAC 2	04-11-2007
Finalització Capítol 5.1 i 5.2	10-11-2007
Finalització Capítol 5.4	16-11-2007
Finalització Capítol 5.5	21-11-2007
Finalització Capítol 5.3	30-11-2007
Finalització Capítol 5.6 i 5.7	07-12-2007
Esborrany de la PAC 3	12-12-2007
Lliurament de la PAC 3	18-12-2007
Esborrany de la memòria i la presentació virtual	31-12-2007
Lliurament de la memòria i la presentació virtual	07-01-2008

Taula 1: Resum de fites

1.5. Productes obtinguts

Els productes obtinguts en aquest projecte són els que s'especifiquen en l'enunciat del treball, és a dir:

- Memòria: És el document on es desenvolupen els conceptes teòrics, la recerca de recursos en Internet, la valoració del programari i, finalment, la descripció de la base de dades dels sondejos i del procés seguit per l'estudi del subsòl mitjançant eines d'anàlisi espacial.
- Mapa de resultats. Mapa amb el MDE on es mostren els gruixos del material a explotar amb la cartografia de referència.
- Presentació. Presentació virtual elaborada *MS PowerPoint* que mostra un resum d'aquest treball.

1.6. Descripció dels capítols

A continuació es mostra una breu descripció dels capítols d'aquest treball:

- Introducció. Explicació dels motius i objectius d'aquest projecte així com el pla de treball que s'ha seguit.
- Definició i components dels SIG. S'exposen les principals característiques dels SIG, els seus components i les seves funcions. Es realitza un estudi de les diferències amb els altres sistemes d'informació.
- Cartografia i geodèsia. S'expliquen conceptes bàsics sobre cartografia i geodèsia, així com dels sistemes de projecció cartogràfiques i de coordenades UTM.
- Eines i recursos per a la construcció d'un SIG. Es realitza una recerca de la informació gratuïta disponible en Internet. Per altra banda, es mostra una valoració del programari *gvSIG* així com de les principals extensions, en especial de *SEXTANTE*.
- Cas pràctic. Es desenvolupa el cas proposat sobre la implantació d'un SIG per a l'ajuda a la presa de decisions per l'explotació de recursos del subsòl. Mitjançant l'ajuda del programari, es generen models digitals del terreny i càlculs dels volums dels materials de la zona d'estudi.
- Conclusions. S'exposen les conclusions a les que s'han arribat després del desenvolupament d'aquest projecte.

1. SIG (Sistemes d'Informació Geogràfica)

2.1. Introducció

Els darrers anys han aportat importants progressos en tot el que fa referència a la informació geogràfica. Per una banda, els equipaments informàtics condicionen cada vegada menys els projectes SIG per el seu constant augment de prestacions i abaratiments. Per altra banda, les dades geogràfiques es fan cada vegada més necessàries i son les que avui en dia s'emporten les partides econòmiques més importants.

En aquest capítol s'introdueixen alguns conceptes bàsics sobre SIG que aporten una visió general sobre els seus elements, funcionament i aplicacions entre d'altres. S'estructura en els següents aparats:

- **Definició de SIG.** Explicació del concepte SIG.
- **Elements dels SIG.** Parts fonamentals que conformen un SIG.
- **Funcions dels SIG.** Principals propòsits que són capaços de dur a terme els SIG.
- **Aplicacions dels SIG i diferències amb altres Sistemes d'Informació.** Es detallen algunes dels principals usos que es dona als SIG, així com els elements que els diferencia d'altres sistemes d'informació.

2.2. Definició de SIG

El terme SIG procedeix de l'acrònim Sistema d'Informació Geogràfica, en anglès GIS (*Geographic Information System*).

Es pot definir SIG com el conjunt de mètodes, eines i dades que estan dissenyats per actuar de forma lògica i coordinada amb l'objectiu de poder capturar, analitzar, transformar i presentar la informació geogràfica amb els seus atributs per tal de satisfer nombrosos propòsits.

Una de les definicions que podem trobar amb més consens i acceptació és la redactada per el NCGIA (*National Center for Geographical Information Analysis*, California), que diu:

*“Un SIG és un sistema de maquinari, programari i procediments elaborats per facilitar l'obtenció, gestió, manipulació, anàlisi, modelat, representació i sortida de dades espacialment referenciades, per a resoldre problemes complexos de planificació i gestió”.*¹

Des d'aquesta perspectiva, per poder definir d'una forma més exacta el concepte de SIG, cal analitzar en detall els elements que el formen (persones, dades, maquinari, programari i procediments) així com les seves funcions (captura, emmagatzemament, consulta, modificació, anàlisi i sortida de dades).

2.3. Elements dels SIG

Els elements necessaris per portar a terme tasques de SIG, tal com es mostra en la figura 1, són els següents:

¹ NCGIA (1990)

- **Persones:** És el component principal d'un SIG ja que és impossible de concebre'l sense la presència de persones. Es classifiquen en diferents categories segons la funció, des d'usuaris administradors (tècnics que dissenyen i mantenen el sistema) fins als usuaris finals.
- **Dades:** Són la font d'informació dels SIG les quals poden ser dades geogràfiques, alfanumèriques, etc. La disponibilitat i exactitud d'aquestes afecta al resultat de qualsevol consulta o anàlisi. En aquest aspecte, els projectes SIG estan tendint a requerir un cost cada vegada més elevat en dades i persones que en maquinari.
- **Maquinari:** Representa la part física sobre la que operen els SIG. D'ell depèn la velocitat de processament, la manipulació i el tipus de sortida disponible. Cal dir que els darrers anys s'ha viscut grans avenços, tant a nivell tecnològic com econòmic. Els SIG, antigament, requerien grans plataformes amb estacions de treball molt cares, només a l'abast de grans empreses i avui poden funcionar perfectament en ordinadors personals.
- **Programari:** Es tracta no només del programari SIG encarregat de realitzar les operacions sobre les dades sinó que també inclou operacions sobre: bases de dades, dibuixos, estadístiques imatges, etc. Es pot fer una classificació del programari segons el tipus de dades que gestioni (vectorial o *raster*), la interfície (gràfica o de comandes) i sobre la seva filosofia (comercials, gratuïts o de codi obert).
- **Procediments:** Els SIG funcionen mitjançant una metodologia i regles perfectament definides. El model reflecteix les pràctiques operatives de cada organització; ha d'existir per tant un model de la realitat a representar.



Figura 1: Elements dels SIG

2.4. Funcions dels SIG

Els SIG han de ser capaços de portar a terme una sèrie d'operacions fonamentals per tal d'aportar solucions a problemes reals. Algunes d'aquestes funcionalitats són:

- Captura de dades
- Emmagatzemament de dades
- Consulta i modificació de dades
- Anàlisi de dades
- Sortida de dades

2.4.1. Captura de dades

Existeixen diferents mètodes d'introducció de dades dins el sistema d'informació, ja siguin de tipus geogràfic (coordenades) o tabulars (atributs). Quants més tipus de formats de captura de dades existeixi més versàtil serà el SIG. Entre elles destaquem:

- **Digitalització directa:** Mitjançant la utilització de mapes en paper, de fotos aèries o de reproduccions escanejades d'un plànol, sobre els quals es digitalitzen els elements desitjats.
- **Coordenades:** Entrada manual mitjançant un fitxer de coordenades.
- **Teledetecció:** Encara que és una ciència a part, és complementària dels SIG ja que aquesta utilitza les capes d'informació obtingudes per un procés sobre imatges. Per exemple, un processador d'imatges pot obtenir una nova capa d'índex de vegetació, d'humitat, etc.
- **GPS (Global Position System):** Mitjançant la importació de dades d'un sistema de posicionament global per satèl·lit.
- **Dades digitals:** Importació directa en els diferents formats d'emmagatzemament de dades que es poden obtenir d'un suport magnètic, Internet, etc.

2.4.2. Emmagatzemament de dades

Es necessari convertir les dades espacials que aporta la realitat, en un model de dades digitals que entengui el programari elegit, per tal que aquest les pugui emmagatzemar i recuperar en el moment en que es sol·liciti. Existeixen dos grans fórmules per estructurar la informació real en un sistema informàtic: el format vectorial i el format *raster*. En la figura 2 es mostra de forma gràfica com es representen els dos tipus de formats de dades.

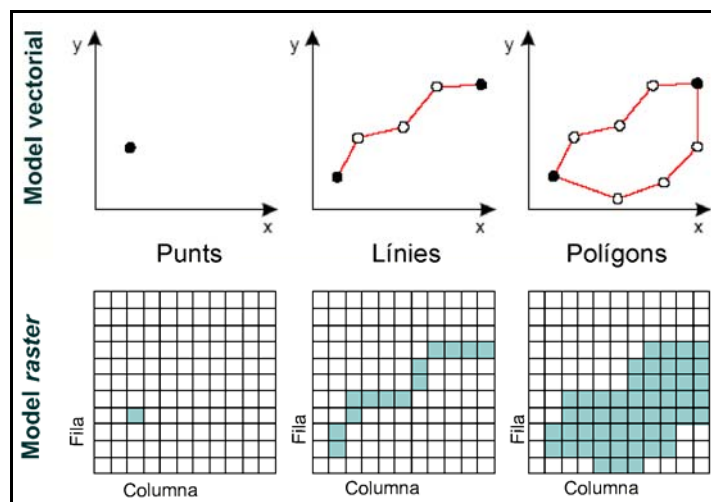


Figura 2: Representació de dades en format vectorial i raster

- **Format *raster*:** La seva característica principal és que forma una trama de cel·les o píxels, generalment de forma quadrada, en què cadascun té una propietat espacial. Cada cel·la representa la unitat mínima d'informació i està associada a un únic valor d'una variable determinada. La quantitat de detall que pot mostrar un element en particular depèn de la mida de la cel·la determinant l'escala de la imatge. Quant més petita sigui aquesta major serà la resolució obtinguda.
- **Format *vectorial*:** Cada entitat geogràfica es representa a partir de tres elements bàsics: Punts, línies y polígons. Un sistema de coordenades cartesianes X, Y representa les posicions en el món real. En la representació vectorial els límits dels objectes estan representats de forma explícita i van units a una concepció del territori de forma contínua.

Aquests dos sistemes de representació de dades es refereixen a models bidimensionals, però existeix la possibilitat d'incorporar una tercera dimensió a partir dels Models Digitals del Terreny (MDT), que permeten ser implementats tant en *raster* com en *vectorial*. La tipologia especial dels MDT és un model d'elevacions on la tercera variable es refereix a l'alçada (la cota). Es tracta d'una tècnica que possibilita la representació d'una variable contínua, freqüentment l'alçada, en un gràfic tridimensional. Com es mostra en la figura 3, els models vectorials es representen amb una xarxa irregular de triangles (TIN) i els models *raster* amb una matriu regular.

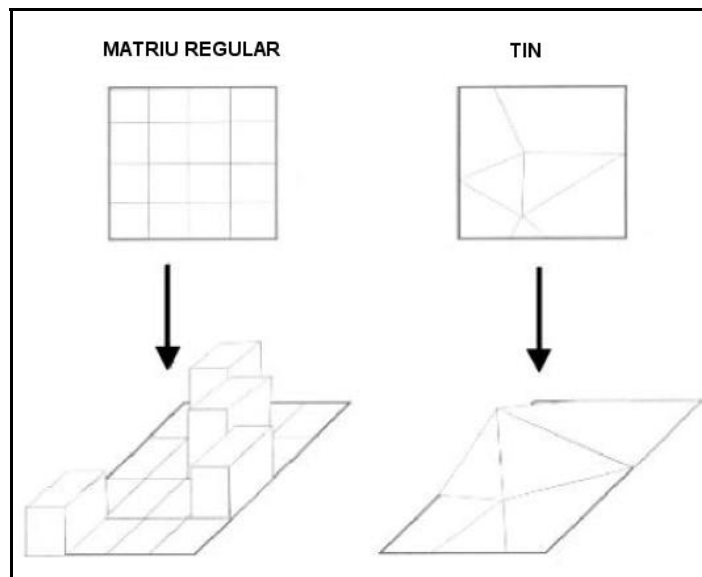


Figura 3: Representació dels MDT²

2.4.3. Consulta i modificació de dades

És necessari disposar d'eines que facilitin l'accés a la informació com consultes de:

- **Identificació d'elements específics:** Una consulta molt comú en un SIG és determinar l'existència d'un punt en concret. Mitjançant una consulta es determina on es troba un element d'interès i posteriorment les característiques que aquest té associades.
- **Identificació d'elements amb determinades condicions:** Es tracta d'un altre tipus de consulta amb el fi de determinar la posició o posicions que determinen unes condicions. En aquest cas es sap quines característiques són importants i es pot esbrinar on es troben ubicats els elements i les seves característiques.

² BUZAI y DURAN (1997)

Així mateix els SIG han de proveir eines per a la manipulació de la informació com: Funcions de transformació matemàtica de coordenades, d'edició de capes, d'importació i exportació de dades en els seus diferents formats de representació, etc.

2.4.4. Anàlisi de dades

És potser una de les funcions més importants d'un SIG. Es tracta principalment d'utilitzar informació que està emmagatzemada per produir-ne de nova. Es pot realitzar un anàlisi per obtenir respostes a un pregunta concreta o a un problema específic. Normalment l'anàlisi geogràfic necessita de diferents passos per arribar a un resultat final. En un SIG podem trobar diferents funcions analítiques:

- **Selecció geogràfica:** Es basa en recerques simples o complexes en aspectes geogràfics o de la base de dades.
Exemple: Selecció de tots els carrers d'una amplada mínima determinada.
- **Proximitat:** Es tracta de determinar quins elements estan propers a altres en base a una distància determinada. El cas més habitual és la utilització de *buffers*.
Exemple: Localitzar les edificacions que estan a una distància menor de 100 m del subministrament d'aigua. Nombre de clients que es troben a menys de 10 km d'una botiga.
- **Superposició:** La integració de diferents capes de dades implica un procés denominat superposició. En principi, podria tractar-se d'una operació visual, però les operacions analítiques requereixen una o més capes per ser unides físicament.
Exemple: Donada una capa de punts que indiquen la ubicació de pous, ens pot identificar les dades del propietari, el tipus de terra de la zona, etc.
- **Rutes òptimes:** Donada una xarxa, aquesta permet identificar la ruta òptima entre dos punts seguint els criteris indicats. És aplicable a xarxes de carreteres, de tubs, de drenatges, etc.
Exemple: La ruta més ràpida per a un camió de bombers que ha d'accedir a un incendi en un bosc mitjançant camins d'amplada mínima x i desnivell màxim y .

2.4.5. Sortida de dades

La representació gràfica de la informació cartogràfica és important però no la primordial d'un SIG. Existeixen eines potents per a la generació de mapes o imatges fotogràfiques que es poden integrar en informes, vistes tridimensionals o altres tipus de sortides com per exemple la multimèdia.

Una de les millors formes de compartir els resultats d'una labor geogràfica és generar visualitzacions i distribuir-les amb un format exportable: Mapes impresos, documents, imatges, Internet, etc.

2.5. Aplicacions dels SIG i diferència amb altres sistemes d'informació

Com s'ha vist en aquest capítol, els SIG són més que un sistema d'informació, incorporen elements que el diferencien i el fan més complex, constitueixen una potent eina de gestió que permet referenciar una determinada localització geogràfica. La principal diferència davant qualsevol altra aplicació que interactua amb bases de dades, resideix en la possibilitat de situar la informació en el lloc on es troba ubicada gràcies a un sistema de representació gràfica espacial.

Mentre els sistemes d'informació convencionals permeten emmagatzemar informació alfanumèrica, els SIG treballen amb la definició en el plànol (cartografia) i els seus atributs temàtics (base de dades).

Fa només uns 10 anys, el major obstacle per desenvolupar un projecte SIG era trobar i adquirir equips informàtics prou potents per fer front als càlculs d'anàlisi territorial. Avui en dia, el principal condicionant és disposar de les dades geogràfiques de la zona a estudiar. Avui disposem de tecnologies de la informació aplicades al coneixement del territori, satèl·lits que ofereixen imatges d'alta resolució, sistemes de posicionament d'objectes, Internet, etc, els quals han contribuït a configurar una nova disciplina del coneixement humà.

En la majoria dels sectors els SIG s'utilitzen com a eina d'ajuda a la gestió i de presa de decisions. A continuació es descriuen breument algunes de les seves aplicacions:

- **Infraestructures.** És un dels primers camps on van començar a utilitzar els SIG. Permet la gestió i manteniment de xarxes de llum, aigua, gas, telèfon, etc. oferint la possibilitat de realitzar anàlisis de xarxes, consultes combinades d'informació, inventaris, planificació i gestió del manteniment de xarxes, etc.
- **Medi ambient.** Suport en les avaluacions d'impacte ambiental en l'elaboració de projectes, anàlisi d'explotacions agrícoles, estudis d'evolució de del territori, etc.
- **Recursos miners.** Faciliten la gestió de la informació generada en les explotacions mineres pel que fa la realització d'anàlisi de sondejos, perfils i àrees d'explotació.
- **Inventari i gestió de recursos.** Tasques d'inventari, gestió i manteniment d'infraestructures, mobiliari urbà, etc. Gestió de recursos naturals.
- **GeoMarketing.** Estudis de zones d'influència de negocis, repercussions de les campanyes de publicitat, etc.
- **Cadastre.** Amb el suport dels SIG permet la identificació de parcel·les tant urbanes com rústiques, les quals tenen associades atributs alfanumèrics amb dades dels seus respectius propietaris. Aquesta informació s'utilitza pel pagament de diferents impostos.
- **Planificació i reglamentació.** Planejament urbanístic, informació geològica per a la construcció d'infraestructures i edificacions. Eina de cerca i delimitació d'àrees.
- **Protecció civil.** Projectes de prevenció i gestió de desastres: Incendis, inundacions, terratrèmols, etc.
- **Aplicacions en Internet.**
 - Servidors de mapes: Tant per descàrrega de cartografia com per a la integració amb servidors de mapes propis. És un clar exponent, els serveis que ofereix l'Institut Cartogràfic de Catalunya.
 - Publicació d'informació pública: Planejament urbanístic municipal, cadastre, etc.
 - Guies de viatge: Selecció de destins, càlcul de rutes, etc.
 - *Google Maps i Google Earth:* Servidors de mapes web gratuïts que inclouen cartografia de tot el món.

3. Cartografia i geodèsia

En aquest capítol es fa una introducció a la cartografia i geodèsia, definint alguns dels conceptes més importants que les conformen, amb la finalitat d'explicar els elements i sistemes que s'utilitzen a l'hora de representar la superfície de la Terra sobre un plànol.

3.1. Definició de cartografia

La cartografia és una disciplina que integra ciència, tècnica i art, i que té com objectiu la representació en un plànol de la terra (total o parcialment). Al ser la Terra esfèrica es val d'un sistema de projeccions per definir una correspondència matemàtica entre els punts de l'el·lipsoide i la seva transformació al plànol. Així mateix s'ocupa de representar la informació que hi ha sobre un mapa segons la seva rellevància.

3.1.1. Sistema de coordenades geogràfiques

Les coordenades geogràfiques són els paràmetres que determinen la posició d'un punt en la superfície terrestre. Els elements que permeten situar un punt en un plànol són:

- **Meridians:** Són cercles màxims que passen pels pols, tots ells de la mateixa longitud, dibuixant línies imaginàries que uneixen els pols. El meridià de Greenwich és el que s'utilitza com a origen de les longituds.
- **Paral·lels:** És cercle format per la intersecció de l'esfera terrestre amb un pla imaginari perpendicular a l'eix de rotació de la Terra, com es pot observar en la figura 4. Existeixen cinc paral·lels que es corresponen amb una posició concreta de la Terra en la seva òrbita al voltant del Sol: Cercle Polar Àrtic, Tròpic de Càncer, Equador, Tròpic de Capricorn i Cercle Polar Antàrtic.

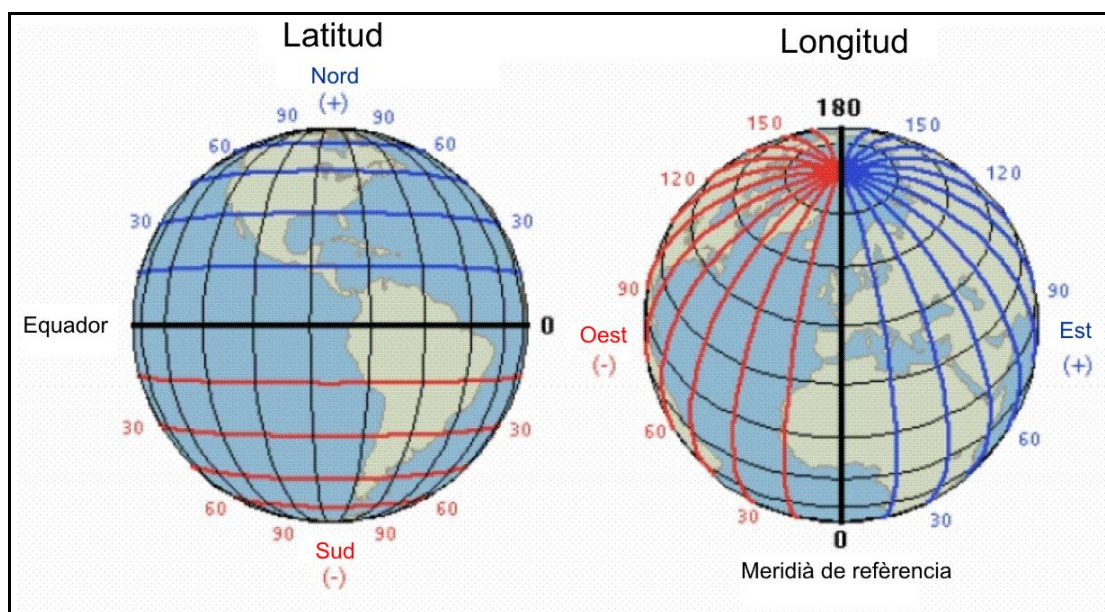


Figura 4: Sistema de coordenades geogràfiques

- **Longitud:** És la distància mesurada en graus sobre l'Equador, que hi ha d'un lloc respecte a un meridià origen (Greenwich), a partir del qual es compta negativament de 0° a 180° cap a l'oest i positivament de 0° a 180° cap a l'est (figura 4).
- **Latitud:** És la distància angular, mesurada en graus sobre el meridià, entre la localització terrestre i l'Equador. Si el punt pertany a l'hemisferi Nord és positiva i si pertany a l'hemisferi Sud és negativa (figura 4).

3.1.2. Representació cartogràfica

Per tal de poder representar la superfície terrestre sobre un mapa és necessari aplicar l'element escala que permetrà determinar el factor de conversió per obtenir la mida real. L'escala és la relació matemàtica existent entre les mesures reals i les del dibuix que representa la realitat sobre una mapa. Existeixen diferents formes d'expressar l'escala en un mapa:

- **Literals:** Indicant el nombre de cops que s'ha reduït la mesura.
- **Numèrica:** Mitjançant un número fraccionari. El numerador expressa la mesura del mapa i el denominador els cops que s'ha d'augmentar el mapa per representar la realitat.
- **Gràfica:** Es representa amb una línia dividida regularment, indicant quina és la unitat de mesura a la que es refereix cada segment de línia.

3.2. Definició de geodèsia

La geodèsia és una ciència interdisciplinària, entre la geociència i la matemàtica, la qual estudia la mesura i la representació de la forma de Terra amb les seves formes naturals o artificials. El principal problema que ha de resoldre és la representació de la curvatura irregular de la Terra, la qual cosa fa molt difícil la seva modelització.

3.2.1. Geoide, el·lipsoide i datum

Es pot definir **geoide** com una *superfície teòrica equipotencial de la Terra al nivell mitjà de la mar en tots els punts de la qual la direcció de la gravetat és vertical*³. El geoide té en compte les anomalies gravimètriques i l'aixecament dels pols, el que fa difícil efectuar càlculs matemàtics sobre aquesta superfície irregular.

Un **el·lipsoide** és la simplificació del geoide, es tracta d'una esfera aixamfranada pels pols resultat de la rotació d'una el·lipse la qual permet efectuar càlculs matemàtics. Té les següents característiques:

- El centre gravitatori coincideix amb el centre de l'el·lipsoide.
- El pla definit per l'equador terrestre coincideix amb l'el·lipsoide.
- La suma dels quadrats de les alçades dels geoides és mínima.

Finalment, per poder determinar una referència cartogràfica cal determinar la referència que relaciona un punt d'origen del geoide amb l'el·lipsoide, que s'anomena **datum**. Per tant, el *datum* és el punt on l'el·lipsoide i el geoide s'assumeixen com a tangents, coincidint les verticals de les dues superfícies. En la figura 5 es pot observar gràficament la relació entre geoide, el·lipsoide i *datum*.

³Institut d'Estudis Catalans (<http://www.iec.cat>)

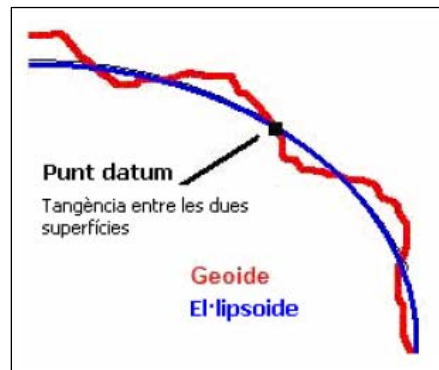


Figura 5: Relació entre geoide, el·lipsoide i datum ⁴

El *datum* és la referència de càlcul i determina les coordenades geogràfiques, definint l'origen i la situació d'un sistema de coordenades vàlid per determinar una zona de la Terra. Per definir un *datum* és necessari conèixer el punt o lloc precís que es prendrà com a referència o origen per definir la resta de punts del mapa. El més comú a Catalunya és l'europeu de 1950 que utilitza l'el·lipsoide de Hayford, que té com a punt fonamental a Potsdam (Alemanya). Alguns dels més importants són:

- **WGS84:** *World Geodetic System 1984*. Sistema de coordenades mundials que és la base per a sistemes de posicionament globals com el GPS.
- **ED50:** *European Datum 1950*.
- **ETRS89:** *European Terrestrial Reference System 1989*.
- **SIRGAS:** Sistema de referència geocèntric per Amèrica.
- **SAD69:** *South American Datum 1969*.

3.3. Projeccions cartogràfiques

Una projecció cartogràfica és una funció matemàtica que associa a cada punt de l'el·lipsoide un punt sobre el pla. Es a dir, les coordenades geogràfiques de cada punt de la superfície terrestre es transformen en un punt del mapa amb coordenades planes. El problema és que la superfície de l'el·lipsoide s'ha de representar en dos dimensions, es vol representar en un plànol, i això provoca deformacions geomètriques que afecten a la precisió del mapa.

Segons la figura geomètrica sobre la que es projecta el globus terrestre, s'obtenen diferents sistemes de projecció (figura 6) dels quals destaquem:

- **Projecció cilíndrica:** Projecta el globus terrestre sobre un cilindre que es col·loca tangent a l'el·lipsoide de referència, de manera que l'eix del cilindre està dins del plànol de l'equador. És el sistema de projecció més utilitzat, encara que té el defecte de produir grans distorsions en les zones de latitud elevada. És el sistema de projecció que utilitza el sistema de coordenades UTM (*Universal Transverse Mercator*).
- **Projecció cònica:** Projecta el globus terrestre sobre un conus, utilitzant com a focus un dels pols. Obté una distorsió asimètrica de forma que té major precisió en l'hemisferi corresponent al pol utilitzat com a focus.
- **Projecció Azimutal:** Projecta una porció de la terra sobre un disc pla tangent al globus en un punt seleccionat. Té major distorsió quan major és la distància al punt tangencial de l'esfera i del pla.

⁴ Portal de geografia (<http://podespacial.com>)

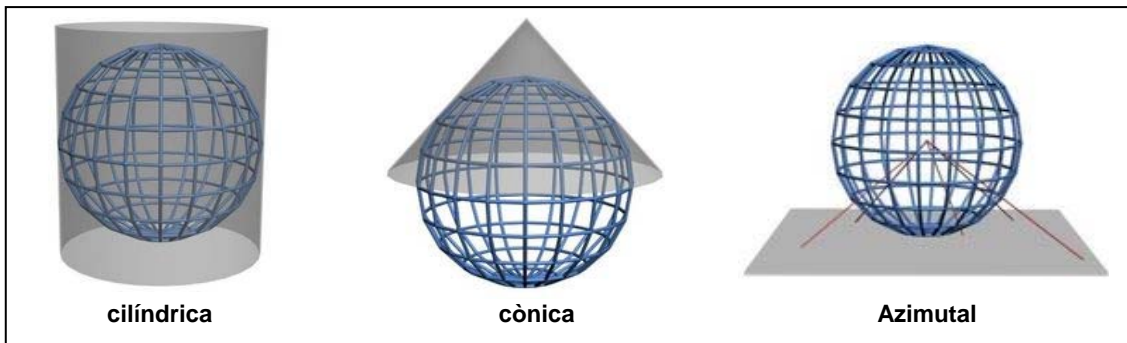


Figura 6: Sistemes de projecció ⁵

3.4. Sistema de coordenades UTM

La projecció UTM és una de les més utilitzades, degut a que el servei de defensa dels Estats Units la va estandaritzar l'any 1947 i posteriorment es va prendre com a base del sistema de localització global GPS.

La quadricula formada per aquesta projecció cilíndrica conforme, configura una representació de la terra en 60 zones UTM, també anomenades fusos. Cada fus es divideix a la vegada en 20 bandes (de la C a la X) tal i com mostra la figura 7. L'àmbit geogràfic de Catalunya es troba en la zona UTM 31 T.

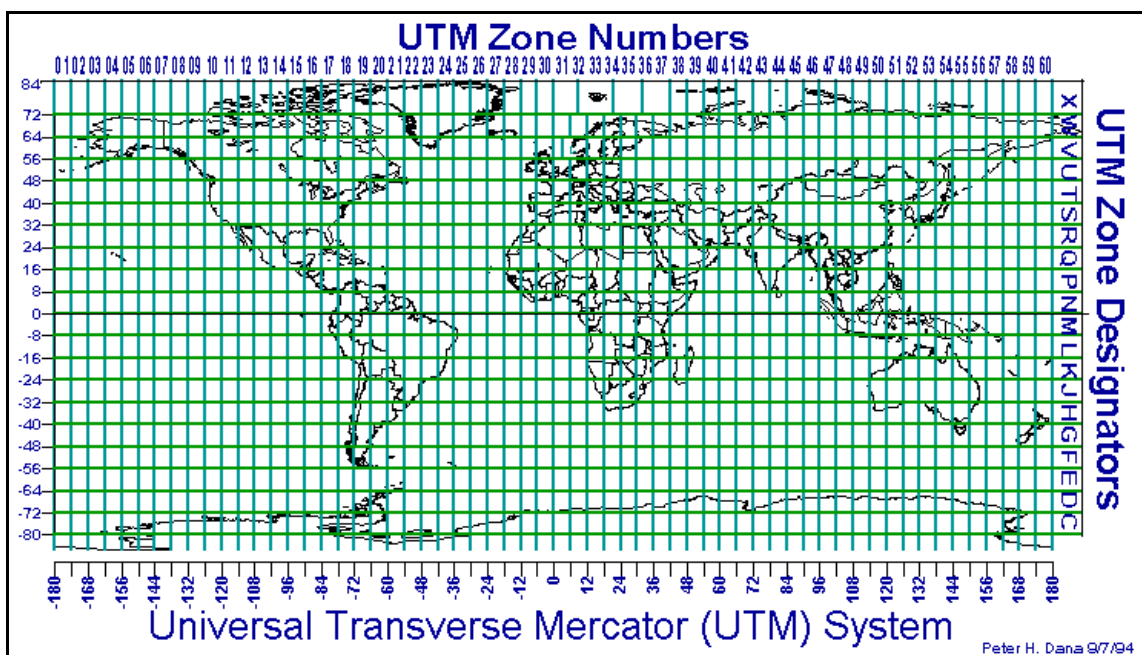


Figura 7: Quadricula de zones UTM o fusos

⁵ Wikipedia (<http://es.wikipedia.org>)

4. Eines i recursos per a la construcció d'un SIG

En aquest capítol es centra en aspectes més pràctics, una vegada s'han desenvolupat els conceptes bàsics necessaris per entendre el funcionament d'un SIG. En primer lloc, es fa una valoració sobre la situació actual a Catalunya en quant a possibilitat d'accés a cartografia gratuïta disponible en Internet. Seguidament, es dona una aproximació al funcionament del programari lliure *gvSIG 1.1* sobre el qual es desenvoluparà el cas pràctic d'aquest projecte. Finalment, es realitza una valoració del programari així com de les seves extensions, fent especial èmfasi sobre *SEXTANTE*.

4.1. Fonts d'informació cartogràfica gratuïta en Internet

En els darrers anys, l'ús dels SIG ha deixat de ser exclusiu de grans empreses, d'universitats i recerca, i d'àmbits específics de l'administració, estant a l'abast de qualsevol usuari consumidor de Tecnologies de la Informació. El que ha provocat aquest canvi és la difusió de la cartografia per Internet i la liberalització de la llicència d'ús de gran part d'aquesta, com és el cas de la cartografia generada per l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).

L'accés a la cartografia gratuïta per Internet es pot realitzar principalment de dos formes: Descarregant les dades o bé amb el navegador sobre servidors de cartografia.

4.1.1. Servidors de descàrrega de dades

El proveïdor té a disposició de l'usuari uns servidors on hi ha allotjada la informació. L'accés a aquesta informació es pot realitzar mitjançant una descàrrega directa sobre una llista de fitxers o bé sobre un programari de navegació cartogràfica que permet seleccionar la zona i descarregar la informació.

Les dades per tant, una vegada descarregades del servidor, es troben ubicades en l'ordinador de l'usuari, i és aquest qui, per realitzar l'explotació de la informació, requereix d'un programari específic, ja sigui un visor si només vol consultar o imprimir, o bé un programari SIG si desitja fer treballs complementaris com editar la informació o canviar-la de format.

Alguns dels principals servidors de descàrrega que podem trobar avui en Internet són:

- **Institut Cartogràfic de Catalunya** (<http://www.icc.cat/vissir>). És una entitat de dret públic de la Generalitat de Catalunya sotmesa a l'ordenament jurídic privat i adscrit al Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat.

Mitjançant el seu aplicatiu VISSIR (VISor del Servidor d'Imatges *Raster*) (figura 8) permet la descàrrega full a full d'alguns dels seus productes. Entre ells podem destacar:

- **En format *raster***: Els fulls dels mapes topogràfics 1:5.000, 1:10.000 i 1:25.000 i les ortofotomapes 1:5.000 i 1:25.000. En aquest format es descarrega un únic fitxer comprimit per cada full, contenint aquest un fitxer amb extensió *.sid* (format *MrSid*) corresponent a la imatge comprimida i georeferenciada, i un altre amb extensió *.sdw* amb la georeferenciació separada.
- **En format *vector***: Els fulls del mapa topogràfic 1:5.000. En aquest cas, és possible triar diferents formats: *dgn* (*MicroStation*), *dxf* (*AutoCad*) o export (*ArclInfo*).

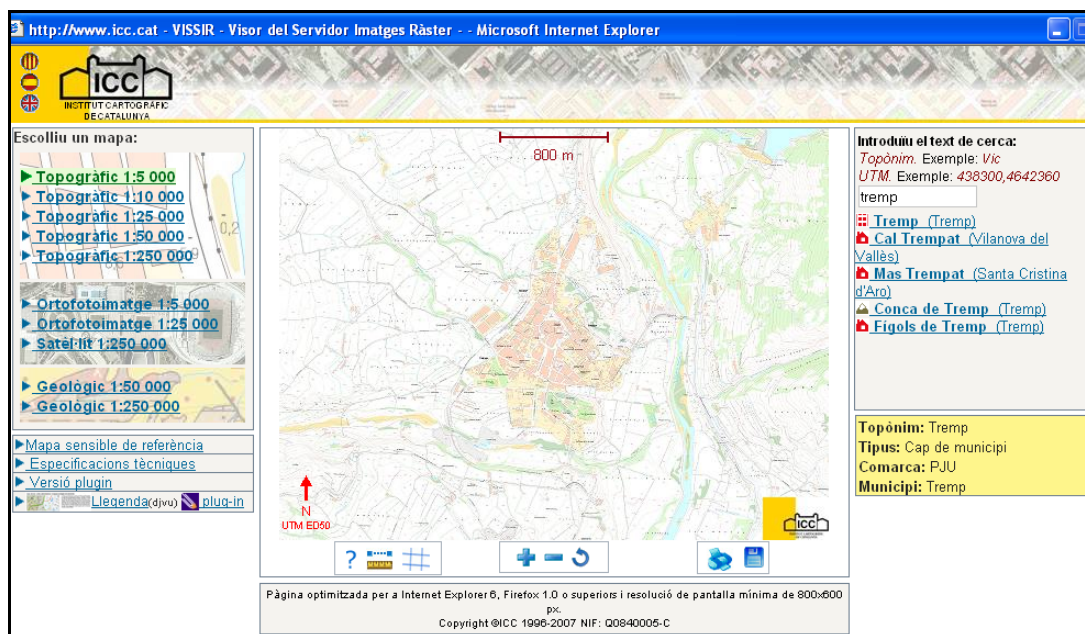


Figura 8: Visualitzador i gestor de descàrregues de l'ICC

També permet la descàrrega directa de: Model digital del terreny de Catalunya 200x200, principals eixos de comunicació de Catalunya, municipis, comarques i topònims de Catalunya, talls cartogràfics a diferents escales, etc.

- **Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya** (http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/). Descàrrega directa d'informació amb format shp (*shapefile*) referents a usos del sòl, Pla d'Espais d'Interès Natural de Catalunya (PEIN), boscos de gestió pública, residus, espais protegits, etc.
- **Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)**. (<http://www.creaf.uab.cat/mcsc/>). És un centre públic de recerca creat l'any 1987 entre la Generalitat de Catalunya, la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i l'Institut d'Estudis Catalans (IEC). Ofereix la descàrrega directa del mapa de cobertes de Catalunya en format *raster* i vectorial (DXF i MMZ –Miramon-).

4.1.2. Servidors per navegar sobre cartografia

El proveïdor disposa de la cartografia i d'un programari específic en el seu servidor que permet als usuaris que s'hi connecten, visualitzar la cartografia i realitzar consultes senzilles. Aquest sistema té com avantatge que l'usuari només necessita el navegador web amb algun complement (*plug-in*) i és transparent al sistema operatiu.

Una de les prestacions que suposen un valor afegit són els proveïdors que ofereixen serveis WMS (*Web Map Service*). Es tracta de publicar informació cartogràfica per Internet seguint les especificacions de l'OGC (*Geospatial Consortium*).

Alguns dels principals servidors que podem trobar a Internet són:

- **Infraestructura de Dades Espacials de Catalunya (IDEC)** (<http://www.geoportal-idec.net/geoportal/>). El Projecte IDEC és una iniciativa conjunta de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), del Departament de Política Territorial i Obres Públiques, de la Secretaria de Telecomunicacions i Societat de la Informació, i del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya.

Disposa d'un visualitzador que permet incorporar cartografia de referència, temàtica, de d'altres departaments de la Generalitat, accés a metadades, etc. Ofereix també als usuaris finals la integració a altres aplicatius SIG mitjançant el *Web Service* (figura 9). Es tracta d'una interfície capaç de rebre una petició, engegar un procés y retornar els resultats.

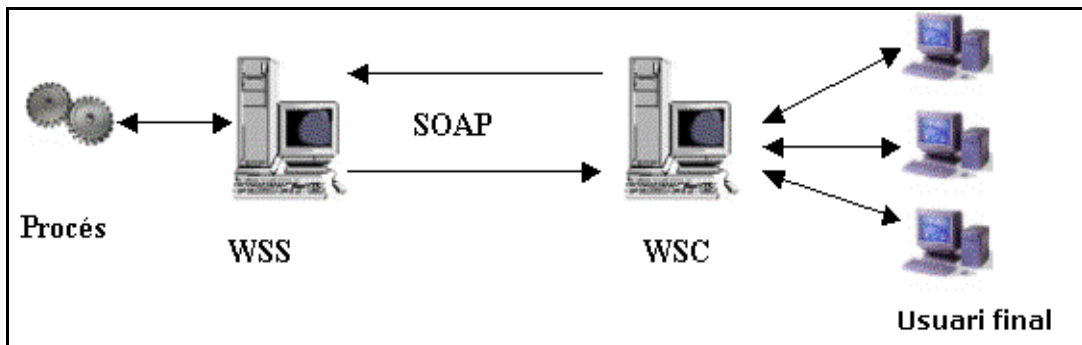


Figura 9: Esquema funcionament *Web Services* ⁶

Així mateix, els IDE Sectorials es centren en projectes d'infraestructures de dades espacials sobre temàtiques específiques. Actualment existeixen els següents:

- **IDEC Local** (<http://www.geoportal-idec.cat/idelocal>). Geoportal creat per a l'AOC (Administració Oberta de Catalunya) per acollir els serveis de la Infraestructura de Dades Espacials de les Administracions Locals catalanes.
- **IDE Univers** (<http://www.geoportal-idec.cat/ideunivers/local.jsp>). És un projecte de recerca amb l'objectiu de crear una IDE per dinamitzar l'accés, l'intercanvi i la interoperabilitat de la gran quantitat d'informació georeferenciada que es produeix a les universitats i centres de recerca a través dels seus projectes.
- **IDE Costes** (<http://www.geoportal-idec.net/idecostes>). Geoportal que té per objectiu millorar i incrementar l'accés a aquesta informació per a tota la comunitat d'usuaris, de tal forma que la seva participació en la gestió i transformació de la costa pugui ésser més activa i documentada
- **IDE ICC** (<http://www.geoportal-idec.net/gestor/icc/cataleg>). L'Institut Cartogràfic de Catalunya en col·laboració amb l'IDEC ha desenvolupat un catàleg i un gestor de dades per facilitar la cerca i visualització d'informació geogràfica produïda per l'ICC a l'àmbit de Catalunya.
- **SIGPAC. Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació.** (<http://sigpac.mapa.es/feqa/visor/>): És el sistema d'informació geogràfica de visualització de parcel·les agràries.
- **Ministeri de Foment.** (http://www.idee.es/show.do?to=pideep_pidee.ES): Amb el projecte IDEE (Infraestructura de Dades Espacials d'Espanya) té com a objectiu integrar mitjançant Internet les dades, metadades, serveis i informació de tipus geogràfic que es produeixen arreu de l'Estat. Té un visualitzador de la informació i permet descarregues.
- **Oficina Virtual del Cadastre** (<http://ovc.catastro.meh.es/>). Pàgina web del Ministeri d'Economia i Hisenda de l'estat espanyol. Hi ha publicada la informació cadastral amb dades públiques i dades personals d'accés restringit. Recentment ha ampliat els seus serveis al ciutadà publicant la cartografia cadastral en format WMS (figura 10).

⁶ IDEC Catalunya (<http://geoportal-idec.net/goportal/>)

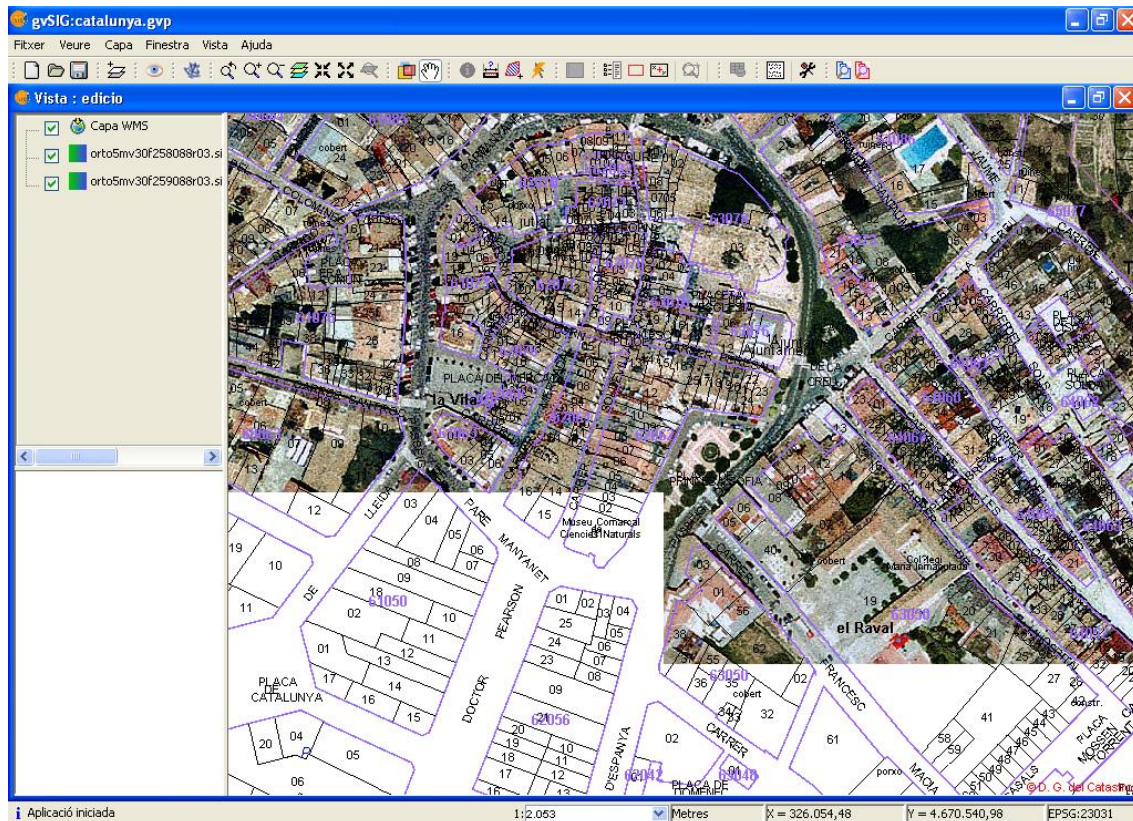


Figura 10: Informació cadastral mostrada sobre un ortofotomapa

- **Google Maps** (<http://maps.google.es>). És el servei gratuït de mapes de Google. En poc temps s'ha convertit en un referent, sobretot pel seu abast, facilitat d'ús i les facilitats que ofereix per enllaçar les webs amb aquest servei.
- **Google Earth** (<http://earth.google.com/intl/es/>). És un cas especial ja que necessita instal·lar un programa. Permet visualitzar ortofotomapes i localitzar punts de qualsevol lloc del món, variant segons la zona escollida l'escala i la data d'actualització dels vols. Té la possibilitat d'incorporar capes d'informació, com per exemple ho ha fet l'Oficina Virtual del Cadastre amb la publicació de la capa de dades cadastrals en el territori espanyol.

4.2. Programari lliure gvSIG 1.1



Figura 11: logotip gvSIG

gvSIG és un programari orientat a la gestió d'informació geogràfica, desenvolupat amb codi obert (*Open Source*) sota llicència GPL (Llicència Pública General). Es tracta d'un projecte extensible i obert als desenvolupadors que d'una forma fàcil poden incorporar funcionalitats així com noves aplicacions.

El projecte gvSIG és una iniciativa de la Conselleria d'Infraestructures i Transport de la Generalitat Valenciana, que ha comptat amb finançament del FEDER (Fons Europeu de Desenvolupament Regional), desenvolupat per l'empresa IVER *Tecnologías de la Información S.A.* i sota la supervisió de la Universitat de Jaume I amb l'objectiu de seguir els estàndards OGC (*Open Geospatial Consortium*).

El desenvolupament d'aquest programari s'ha fet amb el llenguatge de programació Java, funciona amb els sistemes operatius Windows, Linux i MAC OS X, i utilitza llibreries estàndard de SIG com *Geotools* o *Java Topology Suite* (JTS). La darrera versió estable és *gvSIG 1.1* de 21 de setembre de 2007.

4.2.1. Característiques

gvSIG és un client SIG avançat de consultes, anàlisi, edició de cartografia i de plànols. Està especialment orientat a usuaris finals d'informació geogràfica, professionals o personal de les Administracions (ajuntaments, diputacions, conselleries, etc.).

Algunes de les característiques més importants d'aquest programari són:

- Llenguatge de desenvolupament. Java Multiplataforma amb algunes llibreries externes per a l'accés a formats propietaris com ECW o MrSid.
- Multiplataforma. Funciona en diferents sistemes operatius: Windows, Linux i MAC OS X (necessita tenir instal·lada la màquina virtual Java adequada).
- Disseny modular i escalable. Està construït amb un conjunt de funcions bàsiques, comunes a tots els programes. És capaç de llegir i escriure dades de diverses fonts (programes de CAD o SIG, servidors de mapes de tipus WMS i WFS). El model d'objectes final (nucli i extensions) és perfectament accessible per noves extensions que es desenvolupin i aquestes s'integren de manera transparent com si formessin part del programa (figura 12).

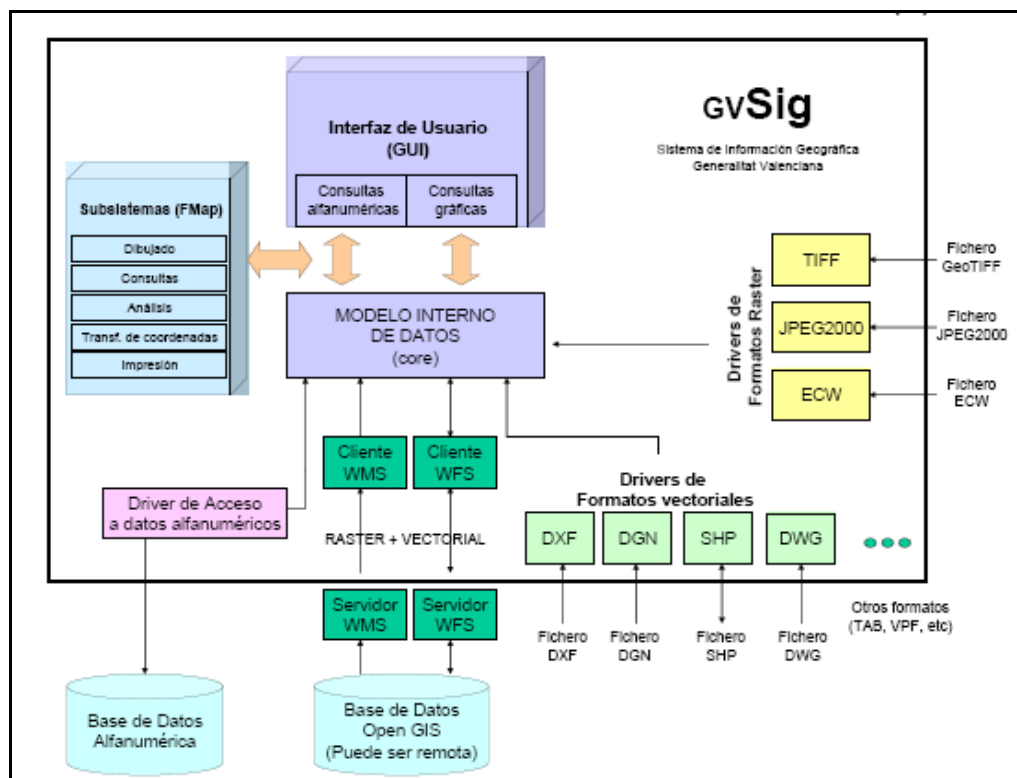


Figura 12: Arquitectura de gvSIG ⁷

- Multilingüe. Actualment disposa d'una interfície en català, castellà, anglès, alemany, euskera, gallec, francès, italià, portuguès, txec i xinès. A més s'hi pot integrar d'una manera fàcil noves traduccions.

⁷ gvSIG articles i ponències (<http://www.gvsig.gva.es/index.php?id=articulosponencias>)

- Llicència de programari lliure (GNU/GPL).
- Subjecte a estàndards. Segueix les directrius marcades per l'OGC.
- Codi obert. Els programadors tenen accés al codi font original del programa, la qual cosa fa molt ràpid el desenvolupament de noves funcionalitats, així com la correcció o millora de les existents.
- Principals funcionalitats del programari:
 - Formats de fitxers vectorials suportats: SHP i DXF (lectura/escriptura), DGN (lectura), DWG (lectura), servidors WFS (*Web Feature Server*) (lectura/escriptura), servidors WCS (*Web Coverage Server*) (lectura) i servidors PostGIS, MySQL i ORACLE.
 - Formats de fitxers *raster* suportats: Servidor WMS (*Web Map Server*), ECW (ErMapper), MrSID, GeoTIFF, JPG, PNG i GIF georeferenciats.
 - Edició: Eines de CAD. Edició gràfica i per comandaments. Capacitat de *snapping*, conversió de formats, etc.
 - Geoprocessament: *Framework* extensible i operacions sobre dades vectorials.
 - Anàlisi de xarxes: Càlcul de rutes òptimes.
 - Anàlisi *raster* i teledetecció: Extensió *SEXTANTE* mitjançant un projecte de col·laboració.

4.2.2. L'entorn d'usuari

En accedir a *gvSIG*, es mostra la finestra principal de l'aplicatiu (figura 13) des d'on es pot gestionar els projectes (crear, obrir, esborrar i reanomenar) així com definir les propietats d'aquests.

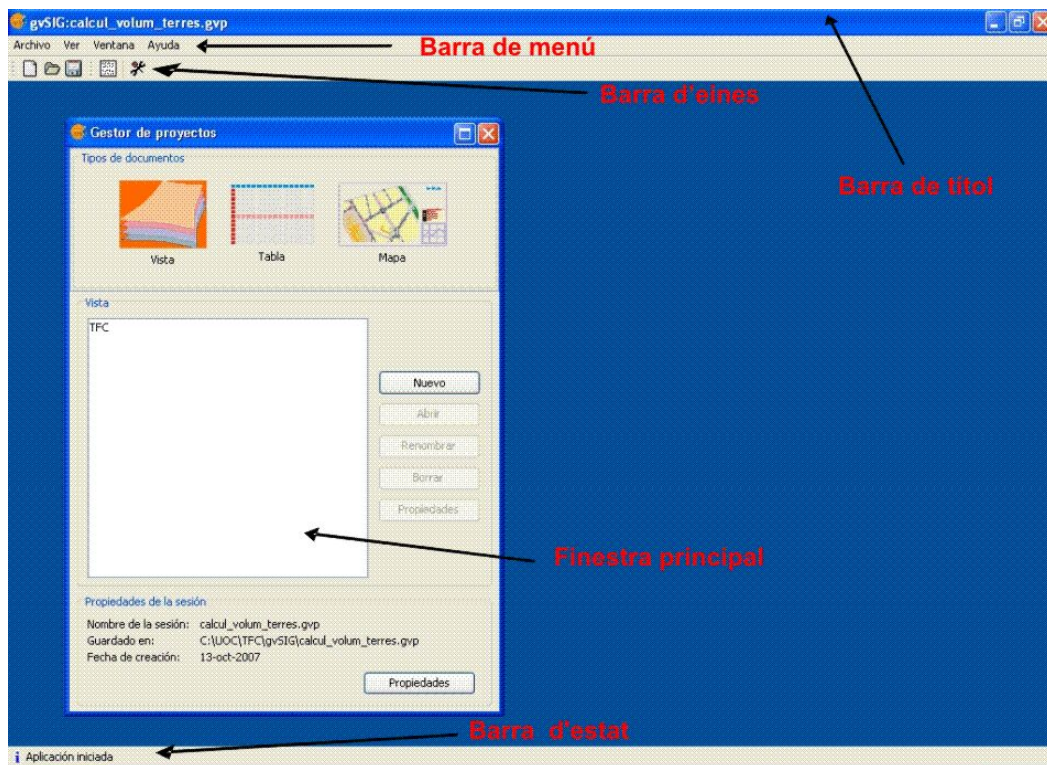


Figura 13: Interfície gràfica

Les parts principals de la interfície gràfica són:

- **Barra de títol:** Es troba en la part superior de la finestra i mostra el nom del programari (*gvSIG*) i el nom del projecte amb el que s'està treballant. En la part dreta d'aquesta barra hi ha els botons de maximitzar, minimitzar i tancar el programa.
- **Barra de menús:** En ella podem trobar els menús i submenús de les funcionalitats a les que podem accedir.
- **Barra d'eines:** Conté les icones dels comandaments d'ús més habitual.
- **Barra d'estat:** Es troba en la part inferior de la finestra i mostra informació de l'estat actual del punter.
- **Finestra principal:** És l'espai reservat per a les finestres de treball. En el moment d'iniciar l'aplicació, per exemple, es mostra la finestra de gestió de projectes.

L'entorn de treball d'un projecte s'emmagatzema en un fitxer amb extensió ".gvp", el qual no conté dades espacials ni atributs, sinó les característiques del projecte i les referències del lloc on estan ubicats els arxius.

Els tipus de documents que pot contenir un projecte són:

- **Vistes:** Part del projecte que emmagatzema la definició dels elements gràfic.
- **Taules:** Document que permet el treball amb taules.
- **Mapes:** Constructor de mapes que permet incorporar els elements cartogràfic que conformen un plànol (vista, llegenda, escala, nord, logotip, etc.).

En accedir per primer lloc a l'aplicatiu, es mostra la finestra de gestió de projectes amb el fitxer "*Sense títol*" preparat per treballar amb un dels 3 tipus de documents. En qualsevol moment es pot guardar el projecte amb el nom desitjat ("*guardar com a*" en la barra d'eines).

Abans de començar a treballar, es aconsellable accedir a la finestra de preferències per tal de configurar els valors predeterminats del projecte. En ella podem definir entre d'altres: l'idioma, directori de les dades i de les extensions, extensions instal·lades i actives, aparença, edició, vista, mapa, etc. Un valor important a considerar és la projecció actual, en l'apartat *Vista*. El valor per defecte és EPSG:23030 (*datum European 1950, projecció UTM* i fus 30). En el cas de Catalunya cal seleccionar **EPSG:23031** equivalent al **fus 31**. Així mateix, cal revisar el valor de les unitats de mapa i de mesura que han de constar en metres.

Posteriorment, cal crear una vista mitjançant el botó "*Nou*" per accedir a l'entorn de treball que permet treballar amb capes i taules. Finalment, es pot crear un mapa que inclogui les vistes que hem confeccionat prèviament.

4.2.3. Valoració del programari

Es fa difícil disposar de comparatives de programari SIG ja que en el mercat existeix gran diversitat de versions de cada fabricant, i també perquè existeix una constant actualització dels productes, més potents, amb més prestacions i que a l'hora requereixen unes prestacions superiors de maquinari i programari (els sistemes operatius més actuals, processadors més potents, més memòria RAM, etc.).

És mostra una comparativa (taula 2) on figuren els requeriments del programari lliure *gvSIG* juntament amb altres tres programaris propietaris que tenen una elevada quota de mercat a nivell mundial. S'observa que els requeriments mínims els compleix sobradament qualsevol equip disponible actualment en el mercat per a un usuari domèstic, tant per a un ordinador de sobretaula com per a equips portàtils.

	gvSIG 1.x	Geomedia 6.x (INTERGRAPH)	MicroStation V8 (BENTLEY)	ArcView 9.x (ESRI)
Sistema operatiu	Windows, Linux	Windows NT, 2000, XP	Windows NT, 2000, XP, Vista, Server 2003	Windows 2000, XP
Memòria RAM	256 Mb	Mínim 256 Mb Recomanat 512 Mb	Mínim 256 Mb Recomanat 512 Mb	512 Mb
Processador	Pentium III o superior	Pentium III o superior	Inte PentiumI o AMD Athlon	1 Ghz
Preu aprox.	0	-	4000 €	1.500 \$

Taula 2: Comparativa de requeriments mínim de programari SIG

4.2.3.1. Funcionalitat d'edició

Una de les funcionalitats més desenvolupada que es troba integrada en aquest programari és la de les eines CAD (*Computer Aided Design*), un veritable entorn de d'edició gràfica assistit per ordinador d'informació geogràfica. En aquest cas SIG i CAD no estan contraposats, sinó que formen part d'una mateix entorn on actuen de forma complementària.

El programari fa un tractament diferenciat entre l'edició d'elements gràfics i la d'elements alfanumèrics. Per una banda, l'edició d'elements alfanumèrics és la més senzilla ja què consisteix en l'actualització de la informació de les taules (files i columnes), dels atributs dels elements d'una capa o cobertura (figura 14). Per altra banda, l'edició gràfica correspon a una extensió de CAD del programari que permet la realització de dibuixos complexos a partir de punts, línies i polígons.

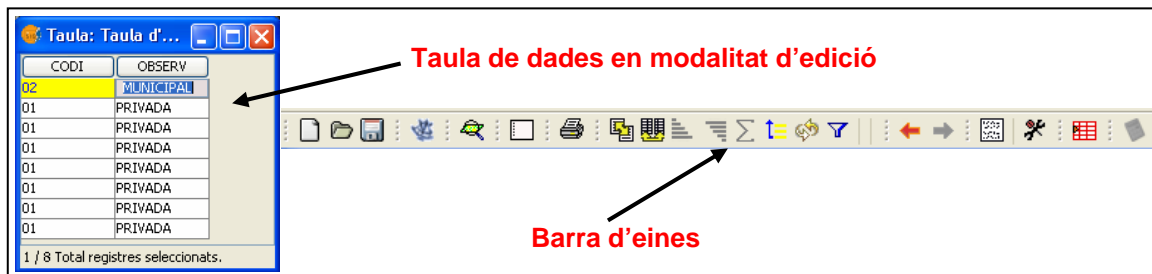


Figura 14: Edició alfanumèrica

El dibuix gràfic es realitza després d'iniciar l'edició de la capa seleccionada, sempre que aquesta pertanyi a un format de lectura/escriptura, moment en el qual es mostra una barra d'eines que varia segons el tipus de capa (punts, línies o polígons) tal com mostra la figura 15. Un cop iniciada l'edició, la finestra de treball queda dividida en dos part: La primera mostra l'entorn gràfic i la segona mostra una línia de comandaments.

A part de la completa llista de funcionalitats d'edició gràfica que permet l'edició de capes vectorials, es disposa d'una pantalla de definició de preferències que ajuden a la configuració de l'entorn de treball:

- *Snapping*: Permet assignar la tolerància en el procés de moure un element fins coincidir amb un altre.
- *Graella*: Defineix un engraellat que posteriorment servirà per enquadrar o ajustar els seus elements.
- *Planitud (Flatness)*: Definit com la qualitat de la superfície d'un plànol, és la tolerància que defineix la curvatura de les formes esfèriques.

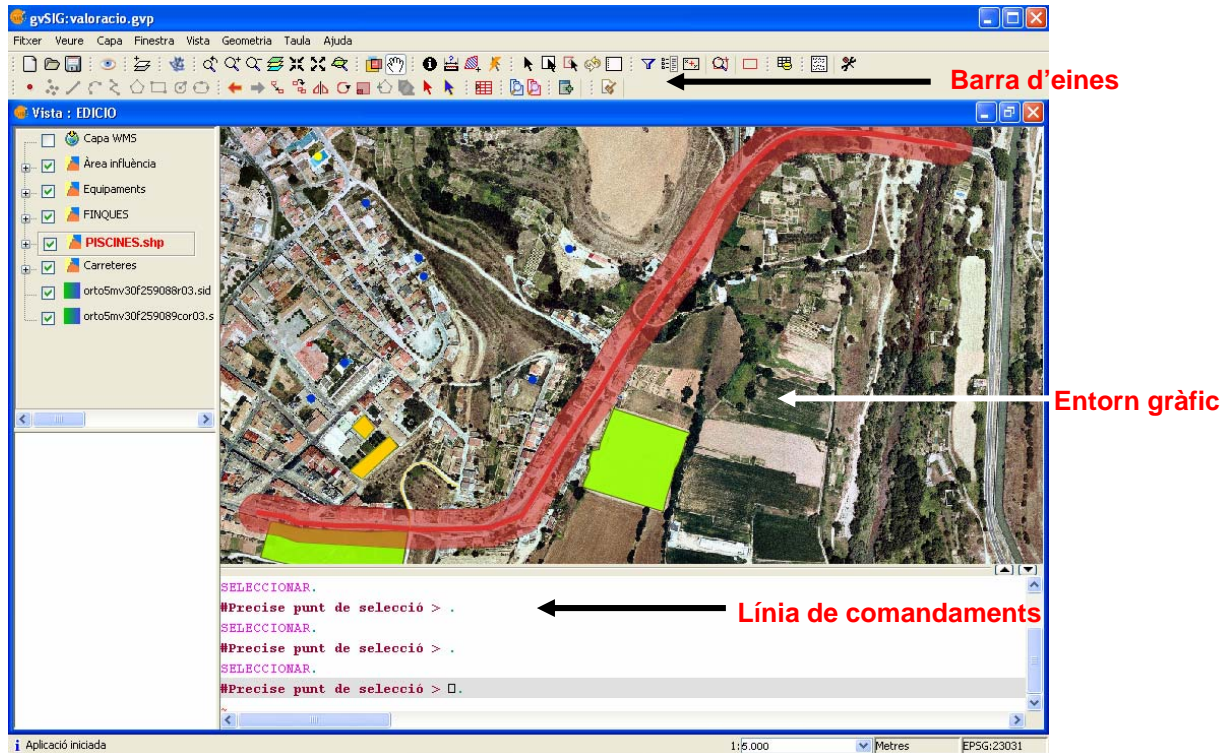


Figura 15: Edició d'una capa en entorn gràfic

4.2.3.2. Funcionalitats d'anàlisi i consulta

Per una banda, l'extensió *SEXTANTE* incorporada recentment com a extensió del programari ofereix eines d'anàlisi espacial per a capes vectorials i *raster*. Així mateix, l'extensió de geoprocessament integrada en *gvSIG* permet una sèrie de consultes d'anàlisi i exploració de capes de les que podem destacar:

- Anàlisi de proximitat.
 - Àrea d'influència (*buffer*). Crea una nova capa vectorial de polígons a partir de les zones d'influència de la geometria dels elements vectorials d'una capa d'entrada, mitjançant la definició prèvia d'uns paràmetres d'anàlisi.
 - Enllaç espacial. Permet transferir atributs d'una capa a un altra basant-se en una característica comuna.
- Superposició.
 - Retallar (*clip*). Permet limitar l'àmbit de treball d'una capa vectorial i n'extrau d'aquesta una zona d'interès.
 - Diferència. És un procés que obté aquelles zones d'una capa que no estan presents en l'altra capa (NOT espacial).
 - Intersecció. És un procés que actua sobre dos capes poligonals, originant una nova capa amb la intersecció de les diferents geometries (AND espacial).
 - Unió. Opera amb dos capes de polígons i n'obté com a resultat un altra amb les geometries que apareixen en alguna de les dues capes (OR espacial).
- Geometria computacional.
 - Embolcall *convex* (*Convex Hull*). Opera únicament amb la capa d'entrada amb qualsevol tipus de geometria i dona com a resultat un polígon que inclou (embolcalla) tots els elements de la capa d'entrada.

- Agregació (*dissolve*).
 - Dissoldre. Actua sobre una única capa que ha de ser de polígons i genera una capa de sortida agrupant tots els elements que compleixin una determinada condició.

Pel que fa a les funcionalitats de consulta, existeixen diferents eines que faciliten a la recerca d'informació, podem destacar:

- Eines de consulta: Eina d'informació, mesurar distàncies i mesurar àrees.
- Selecció d'elements. Permet seleccionar elements mitjançant consulta gràfica o bé alfanumèrica.
- Localització per atribut. És una eina que permet fer zooms sobre una capa especificant el valor d'un atribut concret.

4.2.3.3. Rendiment

Des d'agost de 2004 en què es va presentar el projecte *gvSIG*, s'han succeït les diferents versions en el temps amb una constant incorporació de millores i correcció d'incidències detectades. En la ponència de la presentació d'aquest programari a Saragossa el novembre de 2004, es mostrà la comparativa de la taula 3, on s'aprecia que *gvSIG* té una de les millors qualificacions en estàndards, sistema operatiu, llicència, velocitat i impressió.

	S.O.	Licència	Velocidad	Impresión	Formatos	Estándares	Extensibilidad
gvSIG (1.0)	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★	★★★★	★★
JUMP	★★★★	★★★★	★	★	★	★★	★★
UDIG	★★★★	★★★★	★★	★	★★	★★★★	★★
AV3x	★	★	★★★★	★★	★★★★	★★	★★
ArcMap	★	★	★★	★★	★★★★	★★	★★

Taula 3: Comparativa de prestacions de diferent programari SIG ⁸

4.2.3.4. Accés a diferents orígens de dades

Un altra de les funcionalitats del programari *gvSIG* que està en constant creixement i per tant fent aquest més estàndard i compatible, és el nombre de formats amb els que es capaç d'interactuar. Els orígens de dades són fitxers vectorials o *raster* entre els que podem destacar els següents grups:

- **Dades SIG.** El format més estàndard dels programaris SIG són els fitxers SHP el quals poden emmagatzemar tant informació espacial com els seus atributs. S'ha incorporat també accés a bases de dades espacials PostGIS, MySQL i ORACLE.
- **Dades CAD.** Es tracta d'arxius de dibuix vectorial suportats mitjançant els formats DXF, DGN i DWG.

⁸ **gvSIG articles i ponències** (<http://www.gvsig.gva.es/index.php?id=articulosponencias>)

- **Dades WMS** (*Web Mapping Service*). Permet accedir a una xarxa de servidors distribuïdors de mapes que compleixen l'estàndard OGC. Els mapes distribuïts amb WMS normalment són amb format imatge com PNG, GIF o JPG.
- **Dades WCS** (*Web Coverage Service*). És un altre dels estàndards OGC de distribució mapes mitjançant servidors de cobertures que permetent l'anàlisi de dades *raster*.
- **Dades WFS** (*Web Feature Service*). És un altre dels estàndards OGC mitjançant el qual s'accedeix a servidors amb capes vectorials en format GML, recuperant la informació de cada *feature* amb la seva geometria i atributs.
- **GML** (*Geography Markup Language*). Permet visualitzar i exportar documents amb GML. Es tracta d'un format XML pel transport i emmagatzemament d'informació geogràfica que compleix les especificacions OGC.
- **Imatges**. Permet la incorporació de diferents fitxers tipus *raster* (TIFF, JPG, ECW, MrSID, etc.).
- **Client de servei de nomenclator**. Aquesta funcionalitat permet l'accés a un conjunt de dades en el que s'estableix una relació entre un topònim i les coordenades geogràfiques on es troba.
- **Client de servei de catàleg**. Permet cercar informació geogràfica d'Internet mitjançant una interfície pròpia, prèvia connexió a un servidor de catàleg.
- **Client ArcIMS**. Es tracta de l'accés als servidors de cartografia de l'empresa d'ESRI, probablement un dels més utilitzats en Internet. Tot i que està fora dels estàndards OGC, és un dels proveïdors d'informació cartogràfica més important en l'actualitat.

4.2.3.5. Documentació associada

En la pàgina web oficial <http://www.gvsig.gva.es/> es pot descarregar tant el programari com la informació tècnica i de suport a l'usuari. A l'utilitzar l'entorn web com a medi de distribució fa que la informació estigui a l'abast de l'usuari en el moment en que es produeix.

Cada versió de programari va acompanyada del seu corresponent manual d'usuari en castellà i, encara que una mica més tard, en anglès. Així mateix, existeix altres manuals com el d'instal·lació que només n'existeix una publicació per no variar substancialment el procés d'una versió a l'altra.

Les diferents informacions que podem consultar o descarregar de la pàgina web són:

- **Notes de la versió**. La publicació de noves versions de programari va acompanyada de les corresponents indicacions d'especial interès classificades en: Novetats, millores realitzades i problemes coneguts.
- **Manuais**. El programari així com les extensions disposen d'un manual de suport. Normalment es publiquen primer en castellà i posteriorment en anglès. Per exemple, la V1.1 compta amb una manual d'usuari de 419 pàgines en castellà.
- **Captures de pantalla**. En la pàgina web es pot veure una mostra de captures de pantalla mostrant algunes de les funcionalitats que ofereix el programari.
- **Protocol per a la generació de metadades espacials**. El projecte *gvSIG* adopta i impulsa l'ús d'un protocol per a la generació de metadades espacials. Aquest es pot descarregar igualment des de la pàgina web.
- **Tutorials**. Estan disponibles diferents tutorials en castellà i alemany.

- **Cursos.** Actualment només existeix un curs de *gvSIG 0.3* impartit en el ministeri de Ciència i tecnologia de Veneçuela.
- **Articles i ponències.** Des del 2004 fins a l'actualitat es publiquen els articles i les ponències sobre SIG, programari lliure i altres temes que reverenciïn l'experiència *gvSIG*.
- **Jornades de *gvSIG*.** Es publica tot el relatiu a les jornades sobre el coneixement i la difusió de *gvSIG* (del 14 al 16 de novembre de 2007 s'han celebrat les terceres jornades a València).

4.2.3.6. Suport al producte

Un dels principals problemes del programari lliure és la manca de suport a l'usuari o al tècnic desenvolupador que, en el cas d'un programari propietari, podria trobar en el seu proveïdor o distribuïdors, evidentment de pagament.

Com a eines de suport, cal destacar en primer lloc, l'existència de la documentació tècnica que es pot descarregar des de la pàgina web que ja s'ha comentat en l'apartat anterior "Documentació". A part dels manuals i de la documentació de cada versió, també es publica el codi font dels programes.

▪ **Espai de comunicació**

- Correu electrònic: Per a enviar suggeriments, recomanacions, etc., pot fer-ho a l'adreça de correu gvsig@gva.es.
- Llistes de distribució. Existeixen tres llistes de distribució per tal de facilitar la comunicació entre els interessats en el projecte *gvSIG*.
 - Llista d'usuaris. S'hi pot fer arribar l'opinió sobre el funcionament, suggeriments sobre aspectes interessants a desenvolupar, dubtes en l'ús de *gvSIG*, etc.
 - Llista de desenvolupadors. Està orientada per a tots els interessats a conèixer com està desenvolupat el *gvSIG*.
 - Llista internacional. Està orientada tant per a usuaris com per a desenvolupadors de parla no hispana. L'idioma que s'ha d'utilitzar serà preferentment l'anglès.

▪ **FAQ – Preguntes més freqüents**

Existeix un espai de preguntes freqüents que permet solucionar els dubtes més habituals dels usuaris de *gvSIG*, dividit en quatre seccions segons el tipus de qüestió plantejada: Projecte, instal·lació, ús del programa i preguntes tècniques.

▪ **Fòrums**

Es poden trobar diferents fòrums del programari agrupats per comunitats d'usuaris, segons l'idioma, el tipus d'usuari, etc.

4.2.3.7. Exportacions a formats estàndard

En el marc de la compatibilitat de formats d'accés a diferents tipus de dades, trobem un ampli ventall de possibilitats a l'hora d'exportar la informació. A partir dels elements seleccionats d'una capa, es realitza l'exportació mitjançant la creació d'una nova capa en el format desitjat.

L'estat actual dels formats que es poden exportar són:

- Vectorial: Format SHP, PostGIS, DXF, GML i Oracle Spatial.
- Format *raster*: BMP, JPG i PNG.

- Format *raster* georeferenciat: TIFF, JPG i JP2.
- *Web Map Context* (WMC). Es tracta d'un altre estàndard OGC que suporta aquest programari. Crea un fitxer XML amb un format específic que pot tornar a ser importat per la reproducció de la vista.

4.2.3.8. Aspectes no coberts pel programari

Des de les primeres versions, *gvSIG* ha anat augmentant les prestacions en aspectes tant importants com la compatibilitat amb altres formats de dades com recentment ho ha fet amb *ORACLE*.

Existeix així un full de ruta (<http://www.gvsig.gva.es/index.php?id=funcionalidades>) que marca els objectius i la planificació en el desenvolupament de millores en el programari. Algunes d'aquestes funcionalitats són:

- Millores de l'extensió *SEXTANTE*. Tant pel que fa a les seves funcionalitats (fins ara existeixen 178 extensions) com a la d'integració en *gvSIG*, donat el poc temps que fa que ha sortit al mercat.
- Edició de metadades. Incorporació de funcionalitats que permetin la creació i edició de metadades que documentin els projectes sobre els que es treballa.
- Connexió a servidors ArcSDE. Accés a servidors avançats del programari propietari ArcSDE, a l'igual que ja s'ha fet amb els servidors ArcIMS.
- Geoestadística. Implementació d'eines que permetin l'estudi de variables en procediments d'estimació i simulació.
- Noves eines de geoprocessament.
 - Conversió de capes vectorials a format TIN.
 - Conversió de TIN a *raster*.
 - *Buffers* 2D i 3D per a punts, línies i polígons.
- Noves eines d'anàlisi. Anàlisi de punts (veí més pròxim, quadrant, centralitat i dispersió, correlació espacial, etc.), anàlisi de padrons (diversitat, dominància, fragmentació, etc.)
- Funcionalitats 3D.
- Creació d'una plataforma que pugui operar amb dispositiu mòbils.

4.2.3.9. Valoració personal pel programari

Com a fruit de l'experiència adquirida en la realització d'aquest projecte amb el programari *gvSIG* i les seves extensions, en puc extreure, des d'una visió personal, els següents aspectes:

- Aspectes positius:
 - Rapidesa del programari *gvSIG*.
 - Facilitat d'instal·lació i d'aprenentatge (en especial per a usuaris amb experiència amb programari ESRI).
 - Possibilitat de connexió a Internet (WMS, WFS, ArcIMS, etc.) d'una forma fàcil i àgil.
 - Manuals i tutorials del programari molt complerts. Així mateix, la disponibilitat de molta documentació de congressos, seminaris, ponències, etc.
 - Programari lliure. Facilitat d'implantació en nous projectes per el seu baix cost, compatibilitat de formats i possibilitat d'incorporar noves funcionalitats.

- Aspectes negatius:
 - Molts errors de programari, tant en *gvSIG* com en *SEXTANTE*. En *SEXTANTE* es comprensible per tractar-se d'una versió que fa molt poc temps que s'ha integrat amb una nova plataforma, però *gvSIG* es mostra encara sovint inestable (errors de *java*).
 - Poc suport a l'hora de solucionar problemes o dubtes d'usuari.
 - El manual de *SEXTANTE* és de quan el programari no estava integrat amb *gvSIG* i es fa molt difícil seguir les explicacions per que no es corresponen amb el contingut de les finestres.
 - Els mètodes d'impressió i exportació de mapes són molt lents i en algunes ocasions generen errors.
 - Manca de compatibilitat amb el sistema operatiu *Windows Vista* (només són compatibles algunes funcionalitats).
- Aspectes a millorar:
 - Major estabilitat del funcionament del programari.
 - Creació d'un entorn de navegació per a capes d'informació geogràfica.
 - Permetre realitzar consultes de selecció (en format SQL) sobre les capes vectorials mostrades en les vistes.
 - Milliores en l'edició CAD. Afegir noves funcionalitats en el tractament de polígons que permetin tallar figures i dibuixar-ne de noves seguint el contorn d'altres existents.
 - Desenvolupar, com a projecte més ambiciós, una nova versió amb funcionalitats de servidor SIG basat en la tecnologia Web.

4.2.4. *Extensions del programari*

El programari *gvSIG* incorpora una sèrie de funcionalitats en el nucli del propi sistema, però una de les seves potencialitats és la capacitat d'integració de nous desenvolupaments. Amb el temps, alguns d'ells han passat a formar part de pròpia versió però altres requereixen un procés d'instal·lació.

Un dels darrers projectes ha estat la integració de l'extensió *SEXTANTE* a la plataforma *gvSIG*, implementant funcionalitats d'anàlisi *raster* (veure apartat 4.2.5).

Algunes de les extensions disponibles són:

- **ArcIMS.** L'extensió del client ArcIMS de *gvSIG* permet a l'usuari afegir de forma senzilla serveis tant d'imatges (*ImageServer*) com de geometries (*FeatureServer*) en una interfície similar a la resta de serveis remots de *gvSIG*. A partir de la *gvSIG 1.0* aquesta extensió va incorporada a la pròpia versió.
- **Gestió de CRS.** Aquesta extensió dóna a *gvSIG* de la capacitat de realitzar un tractament del Sistema de Referència de Coordenades (CRS) i d'operar amb coordenades. Incorpora la capacitat d'utilitzar diverses bases de dades dels CRS (EPSG completa, IAU2000, etc.), i de transformacions de 3 i 7 paràmetres.
La instal·lació d'aquesta extensió es realitza de forma independent de *gvSIG*.

- **Pilot raster.** Aquest mòdul implementa diverses funcionalitats dins les eines de tractament de fitxers *raster* amb fonts de dades del propi *gvSIG* com a les capes procedents de serveis remots. Algunes d'aquestes funcionalitats són:
 - Suport a nous fitxers *raster*: Envi, Grass, Ilwis, PCI Geomatics, PC *raster*, Erdas i Esri Binary Grid.
 - Aplicació de paletes de color a un MDT.
 - Visualització d'un histograma associat a un fitxer *raster* així com les dades estadístiques bàsiques d'aquest.
 - Filtres de visualització. Classificats en dos grups: Suavitzar i detecció de contorns.
 - Importació d'imatges en format RAW.
 - Taules de colors. Permet l'assignació d'una paleta o taula de colors a una capa *raster*.
 - Eines de retallar, cavi de resolució i separació de composicions.

Aquesta extensió s'instal·la com un programa independent sobre la versió actual de *gvSIG*.

- **Extensió geoBD.** Aquesta extensió permet accedir a bases de dades geogràfiques de forma senzilla i unificada. Suporta els següents sistemes de gestió de bases de dades:
 - PostGIS
 - MySQL
 - HSQLDB
 - Oracle Spacial (SDO Geometry)

La instal·lació d'aquesta extensió es realitza de forma independent de *gvSIG*.

- **Pilot de xarxes.** Aquest mòdul permet el càlcul de rutes entre dos o més punts amb possibilitat d'inserció de parades intermèdies. Permet la generació de la topologia de xarxa o bé, si ja existeix, per la seva càrrega prèvia.
La instal·lació d'aquesta extensió es realitza de forma independent de *gvSIG*.

4.2.5. L'extensió SEXTANTE

SEXTANTE (Sistema EXtremeny d'Anàlisi TErritorial) és un projecte desenvolupat per la Universitat d'Extremadura, mitjançant la Titulació d'Enginyeria Forestal del Centre Universitari de Plasencia, per encàrrec de la Junta d'Extremadura, amb l'objectiu de crear un SIG adaptat especialment a la gestió forestal i medioambiental.

L'elaboració de **SEXTANTE** es va basar en el projecte existent de SAGA (*System for Automated Geographical Analysis*) creat en la universitat de alemanya de Goettingen per un equip multidisciplinari de desenvolupadors. Actualment, *gvSIG* ha substituït a SAGA com a base del programari i ha incorporat més de 170 extensions que li donen una gran capacitat d'anàlisi. Es tracta encara d'un programari en fase de desenvolupament i d'integració a la nova plataforma, per la qual cosa poden sorgir incidències en funcionalitats encara no totalment operatives.

La instal·lació de **SEXTANTE** es realitza de forma independent de *gvSIG*. En primer lloc cal descarregar el programari des de la pàgina web: <http://www.sextantegis.com/Descargas.htm>. Posteriorment, cal executar el fitxer d'instal·lació, seleccionar l'idioma (disponible en castellà i anglès) i la carpeta on es troba ubicat *gvSIG*. La darrera versió disponible és **SEXTANTE per a gvSIG v.0.1**.

Es pot accedir a *SEXTANTE* des de qualsevol punt de *gvSIG* mitjançant la icona de l'aplicatiu, desplegant la finestra del gestor d'extensions (figura 16), on es mostren les funcionalitats agrupades en categories.

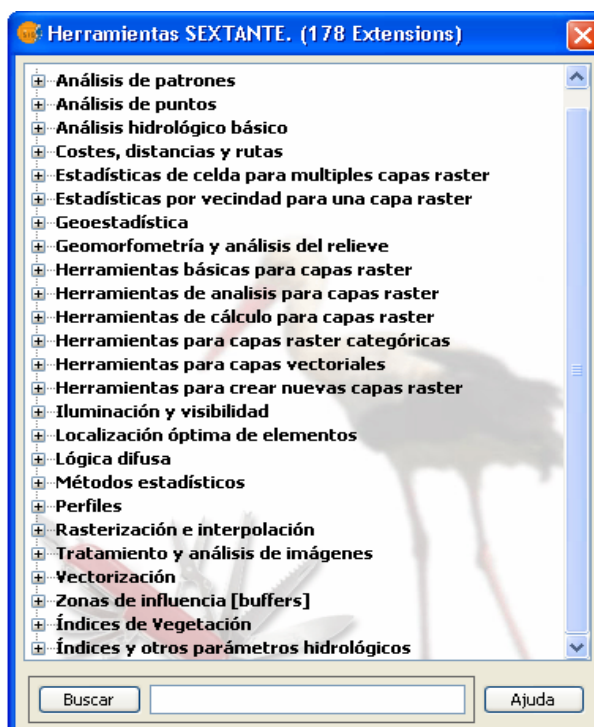


Figura 16: Llista de funcionalitats de SEXTANTE

Segons la funcionalitat seleccionada, es mostra una finestra diferent amb els paràmetres necessaris per executar l'extensió (figura 17).

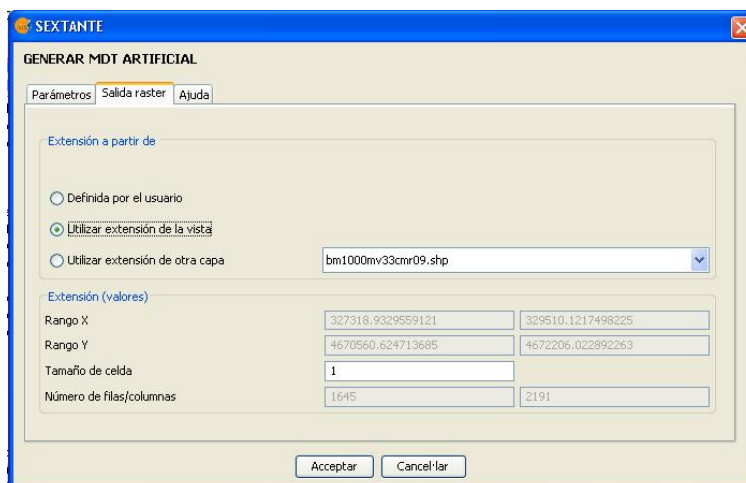


Figura 17: Selecció de paràmetres per un extensió

El nombre de paràmetres dependrà de l'extensió seleccionada així com l'existència d'altres pestanyes de dades com pot ser la de definició de l'extensió de la selecció. Un dels paràmetres més habituals es la selecció de la capa *raster* o *vectorial* sobre la qual es desitja fer l'anàlisi.

El resultat del càlcul o anàlisi es mostra en diferents formats: Una pantalla amb el resum de dades, una nova capa que s'afegeix a la vista actual o bé una taula.

5. Cas pràctic. Implantació d'un SIG per a l'ajuda a la presa de decisions per l'explotació de recursos del subsòl

En aquest capítol es desenvolupa el cas pràctic del projecte amb l'ajuda del programari *gvSIG* i de les extensions *SEXTANTE* i *Pilot Raster*. Es planteja una solució per a la implantació d'un SIG que té com a objectiu ajudar en la presa de decisions per l'explotació de recursos del subsòl.

5.1. Presentació del cas

La zona objecte d'estudi es troba ubicada en el terme municipal de Bellvís, en la comarca del Pla d'Urgell (figura 18) de la qual es faciliten les referències cadastrals de 5 parcel·les (taula 4).

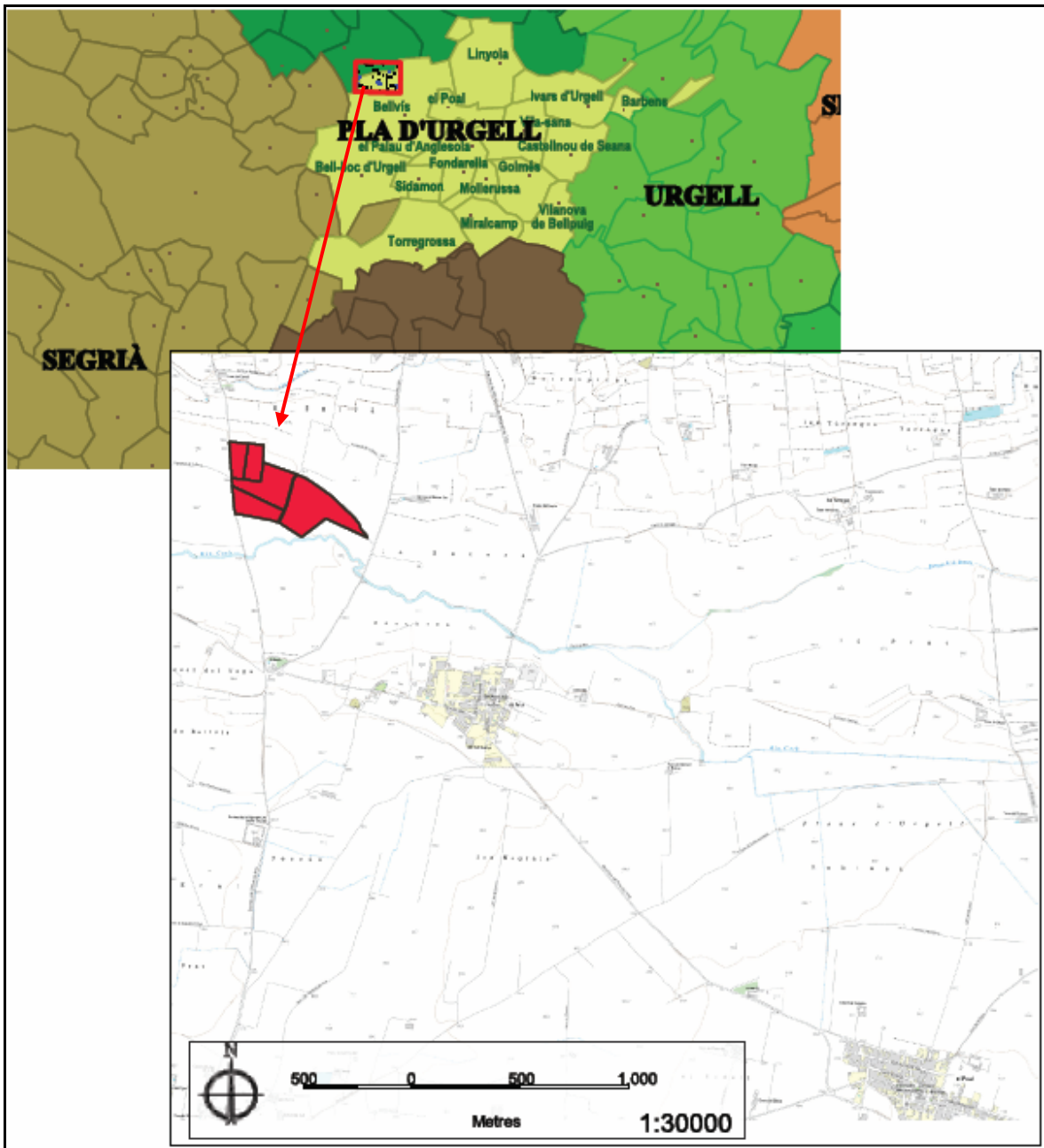


Figura 18: Plànol de situació de la zona d'estudi

Referència cadastral	Parcel·la	Superfície
25061A01400035	35	1,3161 Ha
25061A01400036	36	1,1830 Ha
25061A01400041	41	5,3844 Ha
25061A01400042	42	3,1546 Ha
25061A01400043	43	2,0017 Ha

Taula 4: Parcel·les sobre les que es realitza l'estudi

Realitzant una recerca des de la pàgina web de l'oficina virtual de cadastre (<https://ovc.catastro.minhac.es/CYCBienInmueble/OVCConsultaBI.htm>) s'obtenen les dades de la fitxa descriptiva de la cada finca (figura 19). Per una banda, es mostren les dades sobre la finca com la situació, ús principal, metres quadrats, etc. Les dades del propietari, evidentment, no hi figuren per a usuaris no identificats en el sistema però sí estan disponibles per a aquells que tinguin una acreditació especial. Per altra banda, es mostra la informació gràfica de la finca, representada per una mapa a l'escala seleccionada, on es ressalten els límits de la mateixa.

Figura 19: Fitxa descriptiva de la parcel·la 35

Una vegada determinada la zona d'estudi es necessari disposar el màxim d'informació d'aquesta. Des de la pàgina web de l'ICC es pot descarregar de forma gratuïta el mapa topogràfic 1:5000 en format vectorial en un dels formats compatibles amb el programari utilitzat en aquest projecte. Per altra banda, degut al tipus de treball a realitzar, es fa necessari disposar d'informació complementària de precisió que només es pot obtenir mitjançant mètodes de mesura sobre el terreny. Es tracta de realitzar sondejos en la quantitat i mida que determinin els tècnics, de gran importància per el cost de la realització dels mateixos i perquè d'ells en dependrà l'exactitud dels resultats obtinguts en cas de executar el projecte.

Es faciliten els resultats de les prospeccions que presenten l'estructura del sòl que mostra la figura 20. En ella s'aprecien tres capes de materials:

- **Terra vegetal.** Material desestimat del qual es important conèixer el volum perquè cal extraure'l abans d'arribar al material a explotar. **Z** és la cota on s'ha fet la mesura. **T** és la profunditat fins on es troba terra vegetal.
- **Material a explotar.** És la capa de material que es vol explotar i de la que és important conèixer el volum. **E** és la profunditat fins on es troba aquest material, a partir del qual hi ha roca.
- **Roca.** És la capa de material que no cal tractar. **R** és la profunditat fins on es troba roca.

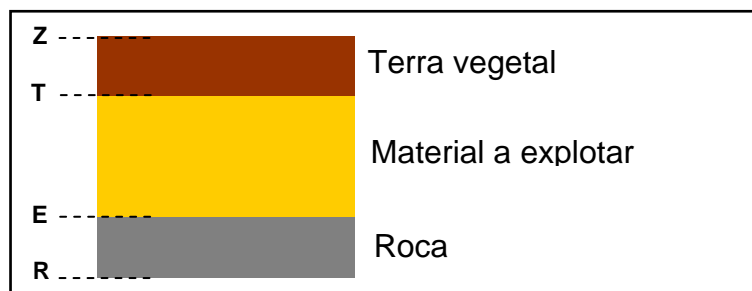


Figura 20: Estructura del sòl de la zona d'estudi

5.2. Cartografia de referència

Una de les principals fonts de dades cartogràfiques a Catalunya és l'ICC, posant a disposició del públic diferents mapes a diverses escales. És d'especial interès per aquest treball el mapa topogràfic 1:5.000, disponible en la pàgina web de l'ICC (<http://www.icc.cat>) per a la seva descàrrega en diferents formats, tant raster com vectorial. La cerca es pot realitzar per topònims ("Bellvís", per exemple) o bé mitjançant les coordenades UTM d'una de les finques.

La visualització general de zona per defecte, es realitza sobre una mapa topogràfic 1:50.000 que serveix de referència però que, posteriorment, caldrà canviar a la visualització 1:5.000 topogràfic que és el que volem descarregar. Cal identificar el full o fulls on es troben les finques mitjançant l'activació de la visualització de talls. En concret, la zona d'estudi es troba delimitada en el tall 257-111:

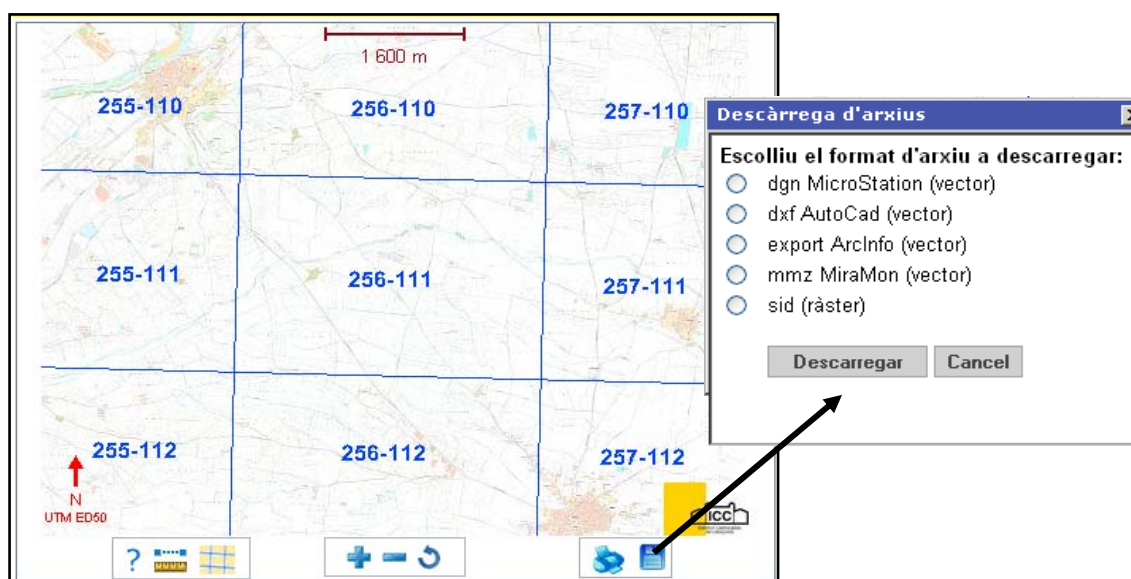


Figura 21: Visualització dels talls 1:5.000 de l'ICC

Els formats d'arxiu que es poden descarregar són els que mostra la finestra de la figura 21. Per una banda, el format DGN (*MicroStation*) i DXF (*AutoCad*) són els que permeten el seu posterior tractament des del programari *gvSIG*. Per altra banda, el format *raster SID (MrSID)* es pot importar igualment des del programari i utilitzar com a fons en un mapa de referència. La descàrrega es realitza mitjançant un arxiu comprimit que conté diferents fitxers entre els que es troben les especificacions tècniques. Per exemple, si es selecciona el format DXF, l'arxiu que s'obté s'anomena *bt5mv20f257111fdcr02.zip* i el document de text *bt5mv20f257111fdcr02_2* conté la informació descriptiva de la descàrrega, que d'una forma resumida es pot descriure en els següents grups:

- **Dades**
 - Conjunt de dades: Base topogràfica 1:5.000 (BT-5M) Versió 2.0
 - Sistema de referència: ED50, el·lipsoide: Hayford 1924, datum: Potsdam
 - Projectió: UTM, Fus: 31
 - Escala=1:5.000,
 - Model: Vectorial
 - Conjunt de caràcters: ISO 8859-1
- **Contingut**
 - Format de la distribució: *AutoCAD Drawing Interchange File (DXF)*
 - Nom de l'àrea geogràfica: La Calçada
 - Data del vol: Abril 2001
- **Fitxers**
 - *bt5mv20f257111xar02.dxf*: Altimetria
 - *bt5mv20f257111xpr02.dxf*: Planimetria
 - *bt5mv20f257111xtr02.dxf*: Toponímia
 - *bt5mv20f257111c.txt*: Metadades relatives al lliurament

El fitxer *bt5mv20f257111xar02.dxf* és el que conté la informació d'altimetria i per tant d'especial interès per aquest projecte. Com es tracta d'un format DXF que emmagatzema diferents topologies de dades en la mateixa capa, cal extreure'n, mitjançant la utilitat d'exportació de dades a format SHP (editable des de *gvSIG*), les següents capes:

- Corbes de nivell: Capa de línies.
- Cotes altimètriques: Capa de punts.

5.3. Disseny de la base de dades i atributs

El model de dades emprat per aquest projecte requereix un disseny poc complex format per 3 orígens de la informació: El dibuix del perímetre de les parcel·les, les dades dels resultat dels sondejos i, finalment, les dades de la capa d'altimetria de l'ICC.

Es realitzen una sèrie de processos seqüencials a partir de la capa d'altimetria i de la dels sondejos, que generen fitxers intermedis que no es considera necessari emmagatzemar-los. Finalment, s'obté un resultat que és el volum individual de cadascuna de les parcel·les i que es guarda en una tercera taula.

Les dades que són necessàries per realitzar els càlcul per a l'explotació de les terres de les parcel·les, es resumeixen en les entitats de la taula 5.

Descripció de parcel·les		
Nom	finques.shp	
Descripció	Emmagatzema la geometria de les parcel·les	
Format	SHP (<i>shapefile</i>)	
Geometria	De polígon	
Origen	Taula de nova creació. Dibuix manual amb l'ajuda de la capa WMS de l'Oficina Virtual del Cadastre	
Atributs	Parcela	Número de parcel·la
Corbes de nivell		
Nom	corbes.shp	
Descripció	Emmagatzema les la geometria de les corbes de nivell amb la cota d'aquestes	
Format	SHP (<i>shapefile</i>)	
Geometria	De línia	
Origen	Topogràfic 1:5000 de l'ICC	
Atributs	<i>Llista d'atributs disponibles en el fitxer de diccionari de dades que es pot descarregar des de la web de l'ICC. D'especial interès la columna: Elevation (cota)</i>	
Cotes altimètriques		
Nom	cotes.shp	
Descripció	Emmagatzema els punts de les cotes altimètriques	
Format	SHP (<i>shapefile</i>)	
Geometria	De punt	
Origen	Topogràfic 1:5000 de l'ICC	
Sondejos		
Nom	sondejos.mdb	
Descripció	Emmagatzema la informació del resultat de les prospeccions sobre la zona d'estudi així com dels resultats del càlcul dels volums.	
Format	MDB (base de dades MS ACCESS)	
Geometria	De punt	
Origen	De nova creació. Importació del resultat dels sondejos des de la taula MS Excel <i>sondejos.xls</i> i posterior conversió a l'estructura de la base de dades	
Atributs	codiZona	Codi de zona sobre la que es realitza d'estudi
	codiSondeig	Codi que s'assigna a cada prospecció
	codiTipus	Tipus de resultat : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevation: Cota, inici terra vegetal ▪ T: Fi de terra vegetal ▪ E: Fi de material a explotar ▪ R:Fi de roca
	POINT_X	Coordenada X (UTM)
	POINT_Y	Coordenada Y (UTM)
	elevation	(metres) Cota, alçada en el punt de mesura
	gruix	(metres) Gruix de la capa
	volumTerra	(m3) Volum de terra calculat
	volumMaterial	(m3) Volum de material a explotar calculat

	codiParcela	Codi de parcel·la.
	refCadastre	Referència cadastral de la parcel·la

Taula 5: Descripció de les taules de la base de dades

Pel que fa a l'emmagatzemament de les dades del sondejos i dels resultats dels càlculs, s'utilitza la base de dades MS Access i s'ha definit el model relacional que es mostra en la figura 22.

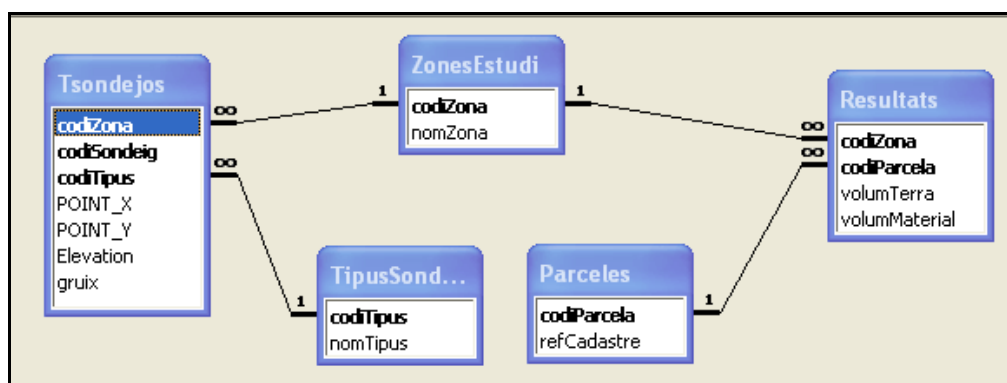


Figura 22: Esquema del model relacional de dades dels sondejos

Com a resultat dels sondejos es subministra una taula MS Excel la qual s'ha d'importar a MS Access. Posteriorment, cal donar d'alta la zona d'estudi, les parcel·les i realitzar el procés de conversió del fitxer importat a la taula Tsondejos. Una de les avantatges d'utilitzar aquesta base de dades és la facilitat d'introducció i manipulació de les dades. Es pot confeccionar, d'una forma senzilla, un formulari que permeti la introducció manual dels resultats dels sondejos així un altre per actualitzar el resultat del càlcul dels volums. Es mostra un exemple de com podria ser un d'aquests formularis en la figura 23.


Zona	Sondeig	Tipus	X	Y	Cota	Gruix
Bellví	s6	Cota, inic terra ve	318.612,50	318.612,50	199	0
Bellví	s7	Fi de material a e	318.587,29	318.587,29	185	13,25
Bellví	s7	Fi de roca	318.587,29	318.587,29	183,5	1,5
Bellví	s7	Fi de terra vegeta	318.587,29	318.587,29	198,25	0,75
Bellví	s7	Cota, inic terra ve	318.587,29	318.587,29	199	0
Bellví	s8	Fi de material a e	318.554,03	318.554,03	190,2	7,7
Bellví	s8	Fi de roca	318.554,03	318.554,03	188,7	1,5
Bellví	s8	Fi de terra vegeta	318.554,03	318.554,03	197,9	1,1
Bellví	s8	Cota, inic terra ve	318.554,03	318.554,03	199	0
Bellví	s9	Fi de material a e	318.573,81	318.573,81	186	11,6
Bellví	s9	Fi de roca	318.573,81	318.573,81	184,5	1,5
Bellví	s9	Fi de terra vegeta	318.573,81	318.573,81	197,6	1,4
Bellví	s9	Cota, inic terra ve	318.573,81	318.573,81	199	0
						0

Figura 23: Formulari d'actualització de dades dels sondejos

5.4. Incorporació de les entitats a gvSIG

Per tal de d'incorporar les entitats al programari, cal iniciar *gvSIG* i obrir una vista prèviament creada. En accedir per primer cop a una vista, es mostra la finestra de visualització i la taula de continguts (TOC) en blanc, permetent iniciar el treball amb els paràmetres definits en l'apartat de preferències (unitat de mesura i de mapa: *metres*, projecció actual: *EPSG 23031*).

5.4.1. Capes d'altimetria

De la capa d'altimetria del topogràfic 1:5000 de l'ICC cal extreure'n les corbes de nivell i les cotes altimètriques. Per realitzar aquest procés cal incorporar el fitxer *bt5mv20f257111xar02.dxf* a la TOC i posteriorment realitzar una exportació de dades. En primer lloc, per incorporar el fitxer cal prémer el botó afegir capa , o bé des de la barra d'eines seleccionar *Vista – Afegir capa*. Posteriorment, es mostra la finestra de diàleg *Afegir capa* on cal seleccionar el tipus d'origen de la informació. Com es tracta d'informació emmagatzemada en un dispositiu local, cal seleccionar *Fitxer* i tipus de fitxer *gvSIG driver dxf* amb el que es mostren els arxius que tenen aquest format i que es troben en el directori escollit.

Una vegada afegida la capa, aquesta es mostra activa en la taula TOC i el seu contingut en la finestra principal. Es pot observar que en la barra d'estat (figura 24) s'han realitzat alguns ajustaments de forma automàtica: La coordenada X i la Y han pres els valors UTM de la zona, i l'escala de visualització s'ajusta a valors propers a 1:15.000 (varia segons la mida de la finestra).

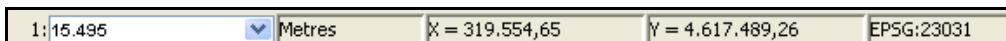


Figura 24: Barra d'estat després d'afegir la primera capa a la vista

Per tal de tractar la informació d'aquesta capa d'una forma més acurada a les necessitats del treball, es pot fer una exportació d'aquesta al format de dades SHP. Des de l'opció *Exportar* del menú *Capa* de la barra d'eines, es selecciona SHP i posteriorment el nom del fitxer i la seva ubicació, amb el que es crearan tres fitxers: Un de línies, un de punts i un darrer de polígons. Els dos primers (corbes de nivell i cotes) són els que s'utilitzaran posteriorment.

5.4.1.1. Corbes de nivell

Les corbes de nivell són les línies que en un mapa uneixen tots els punts que tenen els mateixos valors d'alçada (figura 25). En la informació topogràfica d'aquest mapa 1:5000 la separació de les corbes és cada 5 metres. Aquesta informació serà de gran utilitat per determinar la forma de la superfície de les finques a analitzar.

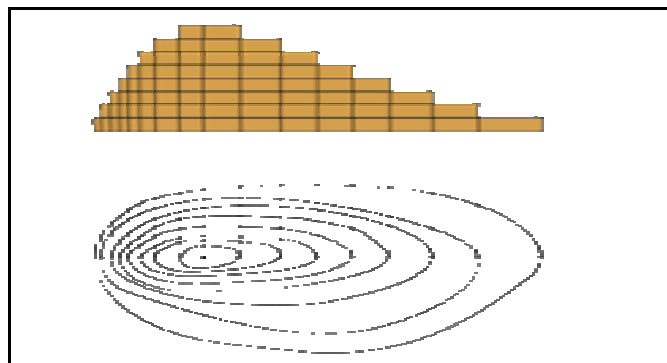


Figura 25: Representació gràfica de corbes de nivell

Pel que fa al format de visualització de la informació, es poden realitzar ajustaments en quan a color, gruix, transparència, etc. Per exemple, per la capa de corbes de nivell, es pot accedir a les propietats de la TOC, pestanya *Simbologia*, assignar al *Camp de classificació* el valor *Elevation* i fent clic en *Afegir tots*, es mostren totes les cotes del mapa (es pot modificar els color i gruix per una millor representació en pantalla).

5.4.1.2. Cotes altimètriques

És la informació que, juntament amb les corbes de nivell, ens permet conèixer la forma de la superfície del terreny, indicant l'alçada de determinats punts com poden ser els cims i d'altres referències.

Com es pot observar en la figura 26, després de realitzar els ajustaments de visualització en la vista, les finques a analitzar es troben en una zona molt plana que es creuada només per la corba de nivell de cota 200. Es pot afirmar que la zona d'estudi es troba, segons la informació d'aquest mapa topogràfic digital, entre alçades que van dels 199 als 201 metres.

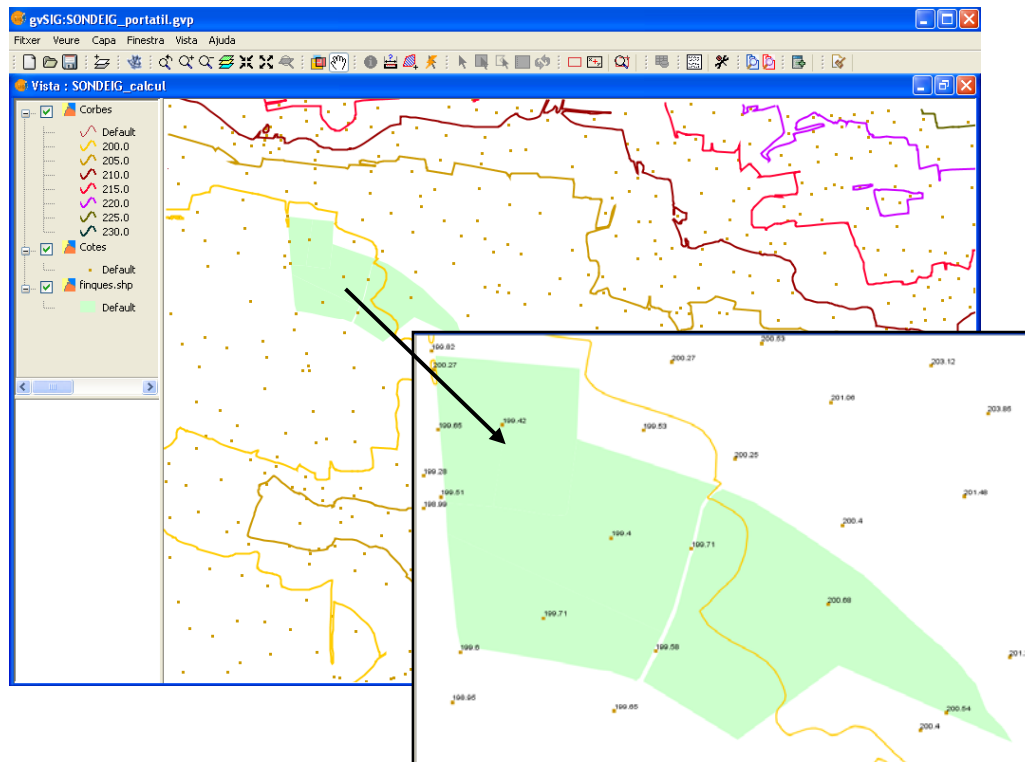


Figura 26: Corbes de nivell i cotes de la zona d'estudi

5.4.2. Sondejors

Es tracta d'informació procedent de prospeccions dutes a terme especialment per aquest estudi, el resultat dels quals s'ha lliurat en el fitxer *sondejors.xls*. Cada prospecció dona com a resultat unes mesures, tant de posicionament com de profunditat a la que es troben les diferents capes de material. Com més punts de prospecció es realitzen, més elevat serà el cost de l'estudi però també s'obtindrà un resultat més fiable.

La incorporació del resultat dels sondejors al programari *gvSIG* es pot realitzar de diferents formes. Per una banda, l'opció més ràpida i directa és importar una taula amb format *DBF (Data Base File)* o *CSV (Comma-Separated Values)*. Per altra banda, per realitzar treballs que requereixin un tractament de certa complexitat de les dades, es preferible realitzar una connexió amb base de dades *ORACLE, PostGres* etc.

Finalment, pel volum de dades i tractament que es realitza de les mateixes en aquest treball, s'ha optat per una fórmula intermèdia, que és la connexió mitjançant el *driver* ODBC amb una base de dades *MS Access*.

Per incorporar el resultat dels sondejos al programari *gvSIG* cal realitzar els següents passos:

1. Crear una base de dades *MS Access* a la que es pot anomenar *sondejos.mdb*.
2. Importar el fitxer *sondeos.xls* sobre una nova taula anomenada *Tsondejos* en la base de dades *sondejos.mdb*.
3. Crear la connexió ODBC de la següent forma: Accedir a *Panel de control, Eines de sistema, Eines d'origen de dades ODBC*. En la pestanya *DSN del Sistema* cal seleccionar "*Driver de Microsoft Access (*.mdb)*", introduir el nom de la connexió (*sondejos*) i una descripció (figura 27). Cal seleccionar finalment la ubicació de la base de dades *sondejos.mdb*.

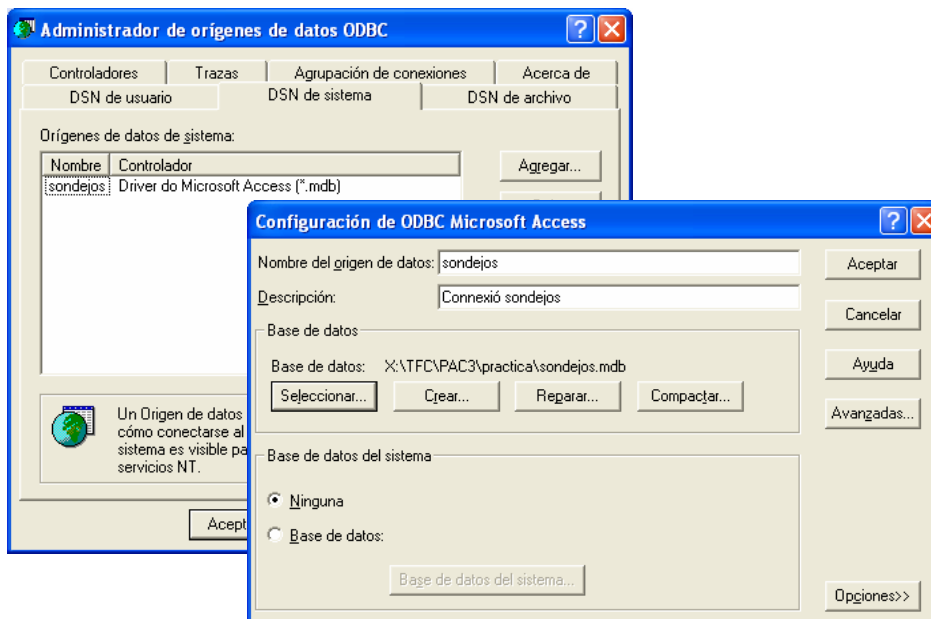


Figura 27: Creació de la connexió ODBC amb *MS Access*

4. Accedir a *gvSIG*, triar el tipus de document *Taula*, i seleccionar l'opció *Nou* amb el que es mostrarà la finestra de diàleg *Nova Taula* amb dos pestanyes, on cal seleccionar *Base de dades* (figura 28) que cal complimentar amb el nom de servidor *localhost* si és tracta de l'equip local o l'adreça IP on està ubicada la taula, la base de dades (nom assignat en el punt 3) i nom de la taula (assignat en el punt 2).

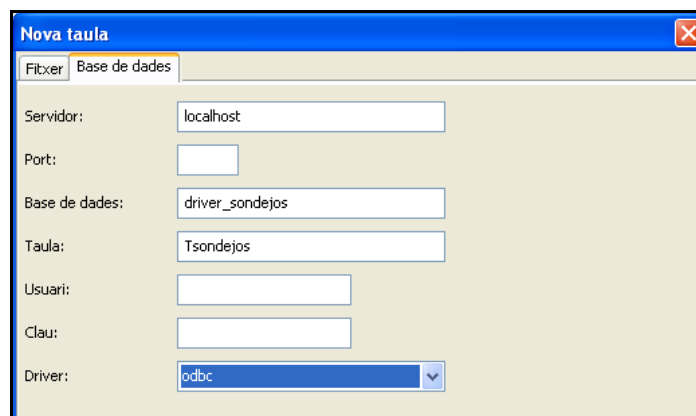



Figura 28: Paràmetres per vincular una taula *MS Access* en *gvSIG*

- En acceptar la pantalla anterior, la taula queda afegida a la llista i està preparada per ser utilitzada en una vista. Per afegir aquesta taula a la TOC cal fer clic en el botó *Afegir capa d'esdeveniments* , o bé des de la barra d'eines seleccionar *Vista – Afegir capa d'esdeveniments*. Es mostra la següent finestra de diàleg:

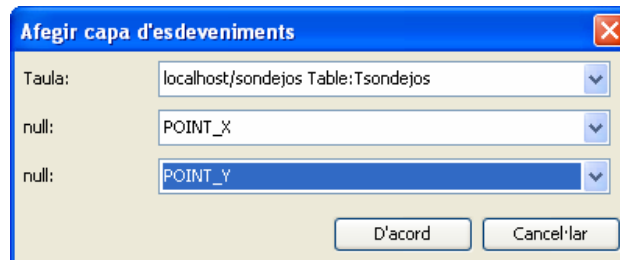


Figura 29: Finestra de diàleg per afegir taules

Cal seleccionar la taula de sondejoes, anteriorment adjuntada, i les columna que contenen les coordenades X i Y respectivament. Una vegada confirmada la selecció, es mostra la nova capa en la primera posició de la TOC (figura 30). Es pot accedir a les propietats de la capa per tal de canviar el color dels punts o bé fer mostrar un valor d'etiqueta (codi de punt, cota altimètrica, etc.).

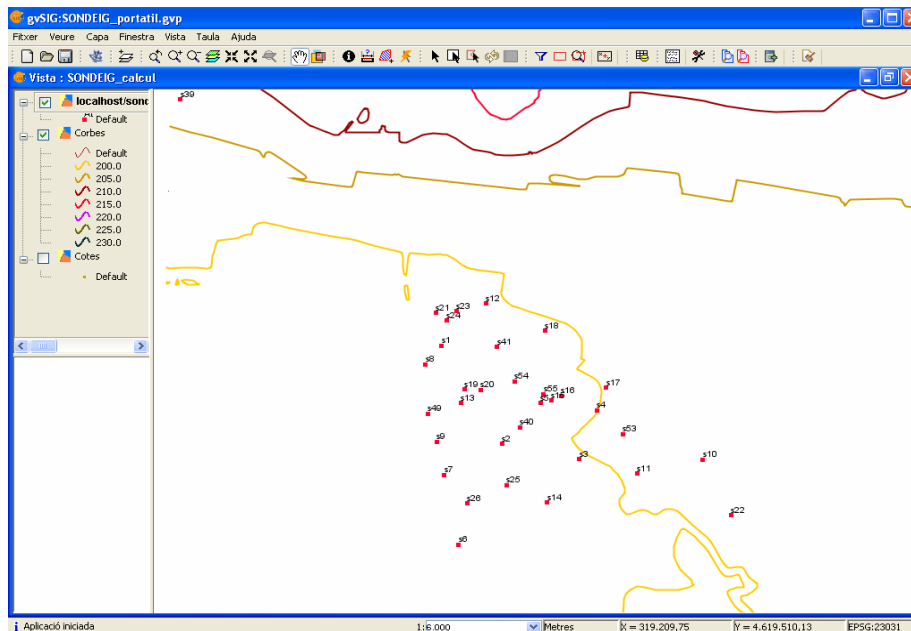


Figura 30: Vista amb la taula de sondejoes

5.4.3. Descripció de parcel·les

Es tracta d'una entitat de nova creació, amb topologia de polígon, la qual emmagatzemarà la delimitació de les parcel·les. La ubicació de l'emmagatzemament pot ser qualsevol origen de dades a la que tingui accés gvSIG de tipus lectura/escriptura. En aquest projecte, en coherència amb l'exposat anteriorment i donat el seu abast, es considera adequat escollir el format SHP.

Per dibuixar les parcel·les que es desitja analitzar, és necessari conèixer amb precisió els límits d'aquestes ja que determinen la propietat de les mateixes i en podria dependre els permisos d'explotació. Per tot això, pot ser de gran ajuda utilitzar la base cartogràfica del cadastre que es pot obtenir mitjançant una connexió WMS (accés obert a tots els usuaris) o bé WFS (accés restringits a usuaris amb autenticació).

Per incorporar la capa de parcel·les del cadastre a la vista, cal seleccionar *Afegir capa* i en la finestra de diàleg seleccionar la pestanya WMS, introduint com a servidor la URL <http://ovc.catastro.meh.es/Cartografia/WMS/ServidorWMS.aspx> i, finalment, fer *click* en *connectar*. Si la connexió ha estat vàlida, es mostrarà un text explicatiu sobre la connexió realitzada. En prémer *següent* es mostra un assistent que cal completar amb la següent informació:

- Informació. Descripció del tipus de connexió efectuada i avisos del servidor.
- Capes. Permet la selecció, atribut a atribut, que es vol mostrar. Com a suport al dibuix, és suficient amb els camps: *PARCELA* i *TXTPARCELA*.
- Estils. No hi ha valors per seleccionar.
- Format. Indica el format de lliurament de la informació gràfica que ha d'efectuar el servidor. Cal seleccionar el format d'imatge *image/png* i marcar l'opció de transparència per tal de disposar d'una capa que s'integri millor amb la resta, a l'hora de realitzar el dibuix. Finalment, en *Selecció SRS* cal escollir com a sistema de referència el codi *EPSG:23031*.

En confirmar, s'afegeix a la TOC la capa i es mostra el seu contingut en la finestra principal. En aquest moment, la visualització es troba preparada per realitzar el dibuix de les parcel·les encara que, prèviament es necessari disposar d'una taula per al seu emmagatzemament. Per crear una capa cal accedir a la barra d'eines, opció *Vista, Nova capa* i *Nou SHP*, amb el que es mostra la finestra de diàleg on cal introduir un nom de capa i marcar *Tipus polígon* en la selecció de geometria. En prémer *Next* es mostra la finestra de diàleg per la definició de les columnes de la taula (nom del camp, tipus i longitud). En finalitzar i prémer *Next*, es mostra la finestra on cal complimentar el nom del fitxer i la ubicació que es desitja donar a aquest. En prémer *Finish*, s'afegeix la capa a la TOC i aquesta queda es mostra en modalitat d'edició.

Amb l'ajuda de la barra d'eines, cal dibuixar els límits de les finques i assignar-les-hi, mitjançant la taula d'atributs, el número de parcel·la. La forma de dibuixar és similar a la d'altres programes de CAD, cal anar marcant punts al voltant de la parcel·la fins que el darrer coincideix amb l'inicial, moment en què queda tancat el polígon. Una vegada finalitzat el dibuix, es pot obtenir un resultat similar al de la figura 31.

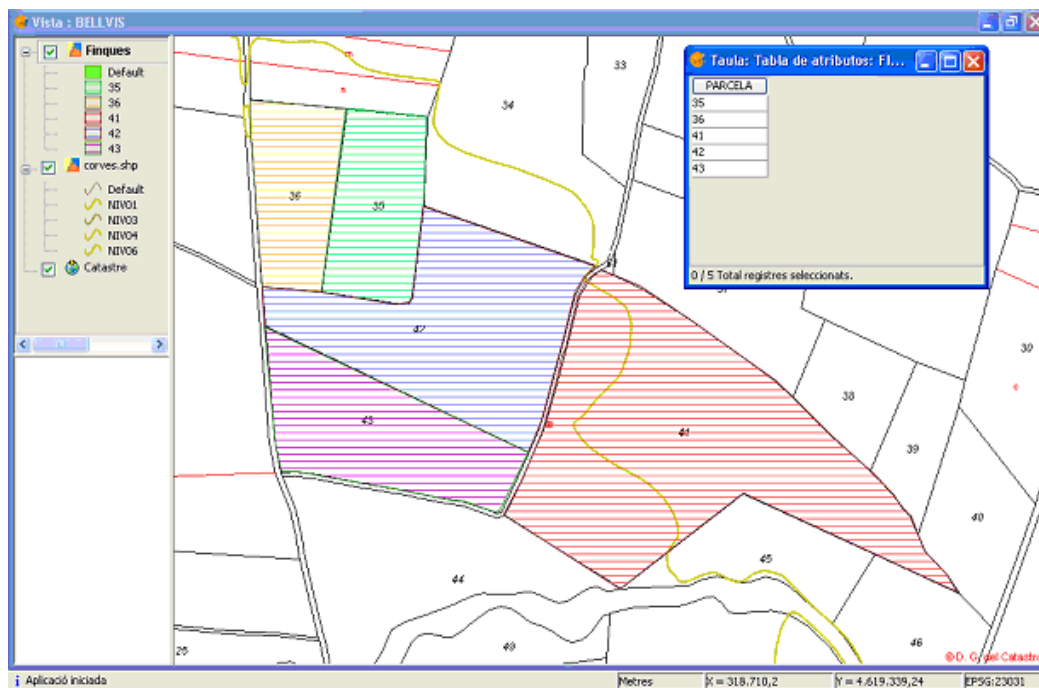


Figura 31: Vista resultant del dibuix de les finques

5.5. Generació i utilització de Models Digitals del Terreny

5.5.1. Models Digitals del Terreny

Un model és la representació d'algunes propietats d'un objecte o sistema original que queda reproduït per un altre mètode de menor complexitat. Existeix una relació simètrica entre el model i la realitat. Això permet que qualsevol canvi en el model es pugui traduir en un altre en l'objecte real. Donat que el model representa la realitat amb una quantitat menor d'informació, existeix un marge d'error en la seva modelització, que pot tendir a ser reduït però en cap cas eliminat.

Un Model Digital del Terreny (MDT) és una estructura numèrica de dades que representa la distribució espacial d'una variable quàntica i contínua⁹.

5.5.2. Models Digitals d'Elevacions

Un Model Digital d'Elevacions (MDE) és una estructura numèrica de dades que representa la distribució espacial de l'altitud i de la superfície del terreny⁹. Per tant, un terreny real pot ser representat de forma genèrica com una funció contínua:
 $z=f(x,y)$

On z representa l'altitud del terreny en el punt de les coordenades (x,y) i f és una funció que relaciona la variable amb la seva localització geogràfica. En la pràctica la funció no és contínua, sinó que s'apliquen uns intervals discrets, de forma que el MDE està compost per un conjunt finit i explícit d'elements.

5.5.3. Estructura de dades dels Models Digitals d'Elevacions

La unitat bàsica d'informació d'un MDE és el valor de la variable de l'altitud z , que acompanyen els corresponents valors x i y , expressats en un sistema de projeccions geogràfiques. Els mapes convencionals utilitzen com a referència principal les corbes de nivell per la representació de la superfície del terreny, mentre que els MDE disposen de més opcions, en les quals l'altitud es descriu bàsicament com un conjunt finit i explícit de cotes.


El sistema d'informació geogràfica i, per extensió, els MDT es poden dividir en dos models de dades en funció de la concepció de la representació de les dades:

- Models de dades vectorials: Estan basats en entitats i objectes geomètrics definits per les coordenades dels nodes i dels vèrtexs. El model més comú d'aquesta estructura de dades és la composta de triangles irregulars adossats als que es sol anomenar TIN (*triangulated irregular network*).
- Models de dades raster: Estan basats en la localització espacial, en què a cada unitat elemental de superfície s'assigna una valor. El model més comú d'aquesta estructura de dades és la xarxa regular de la malla quadrada.

5.5.4. Construcció d'un Model Digital d'Elevacions

Existeixen diferents fonts de dades que permeten la creació d'un MDE, fins i tot es pot utilitzar fitxers ja creats que es poden descarregar d'Internet. Per obtenir una major precisió en els resultats, es considera més adient utilitzar models digitals obtinguts dels sondejos mitjançant l'ajuda de *SEXTANTE*, seguint les següents instruccions:

⁹ Felicísimo, A.M. (1999).

- Des d'una vista de *gvSIG* en la que la TOC conté la capa de sondejós, cal prémer el botó  que obra la finestra de *SEXTANTE*. Es mostra la llista de les extensions disponibles agrupades per categories, on cal seleccionar *Rasterizar capa vectorial* de la categoria *Rasterización y interpolación*.
- Es mostra la finestra de diàleg de rasterització de capa vectorial. En la pestanya de paràmetres, cal seleccionar la capa de sondejós i la columna d'aquesta que conté la cota (columna *Elevation*). Posteriorment, en la pestanya de *sortida raster*, cal definir la zona a rasteritzar (amb la zona de limitada per la vista actual és suficient) i la mida de la cel·la (una mida petita ofereix més definició però cal tenir en compte que ocuparà molt més espai i temps de procés de càlcul).
- En acceptar la selecció, es genera una nova capa *raster* que el programa afegeix en el primer lloc de la TOC. Es tracta d'un fitxer temporal que no es grava com part del projecte, o sigui que si es vol conservar cal exportar-lo com a un fitxer *raster*. En aquest punt ja es té una capa *raster* però només conté les alçades dels sondejós. Per tant, per completar la resta de punts de la malla, cal utilitzar l'opció *Rellenar celdas sin datos* de la categoria d'extensions *Herramientas básicas para capas raster*. Es mostra la finestra de diàleg de l'extensió on cal seleccionar la capa origen i el llindar de tensió.
- Igualment, s'afegeix la capa temporal resultat de complementar les dades de la capa rasteritzada en la TOC. En aquest cas, sí és important exportar la capa resultant a un fitxer en disc ja que es tracta d'una capa necessària per a posteriors càlculs.

Finalment, per ressaltar millor les diferències de nivell del MDE es pot canviar els degradats dels colors des de l'opció *Taula de color* de les propietats de la capa.

5.6. Implementació del càlcul de volum de terres de parcel·les

5.6.1. Síntesi de la metodologia utilitzada

Amb els conceptes, funcionalitats de programari i dades facilitades que s'han exposat en aquest capítol, es disposa d'elements suficients per poder realitzar el càlcul de volum de terres.



Com a síntesi de la metodologia emprada per la implementació dels càlculs, es pot destacar els següents punts:

1. Localització de les parcel·les. En la web de l'oficina virtual del cadastre.
2. Descàrrega de la cartografia de referència. En la web de l'ICC mitjançant recerca amb les coordenades UTM o nom de la població.
3. Verificar la correcta instal·lació del programari. *gvSIG 1.1* i les extensions *SEXTANTE* i *Pilot Raster*.
4. Importació del resultat dels sondejós. Creació de la base de dades de sondejós i importació dels resultats facilitats.
5. Crear un projecte *gvSIG*:
 - a. Vincular la taula de sondejós amb la base de dades *MS Access* mitjançant una connexió ODBC.
 - b. Crear la taula de parcel·les amb tipologia de polígon.
 - c. Crear una Vista incorporant les capes de: Sondejós, corbes de nivell, cotes i parcel·les.
6. Dibuix de les parcel·les.

7. Creació dels MDE. Amb els valors de la columna *codiTipus* dels sondejos: *Elevation, T, E i R*.
8. Càlculs dels volums.
 - a. Selecció d'una parcel·la.
 - b. Retall dels MDE.
 - c. Càlcul de volums entre MDE.
 - d. Emmagatzemament del resultat en la base de dades de sondejos.

5.6.2. Selecció d'una parcel·la

Els càlculs es realitzaran sobre la taula que conté la informació de totes les parcel·les i les operacions s'han de realitzar de forma individual, per tant cal extreure-les d'una a una de la següent forma:

- Accedir a la taula d'atributs de la capa *finques.shp* amb el botó  on cal seleccionar la primera parcel·la.
- Accedir a SEXTANTE mitjançant el botó  que obrirà la finestra d'extensions, on cal triar en la categoria *Herramientas para capas vectoriales*, l'opció *Nueva capa con entidades seleccionadas*. S'ha de seleccionar la capa d'entrada i, en prémer *Acceptar*, s'afegeix una capa a la TOC que conté la parcel·la seleccionada (figura 32).

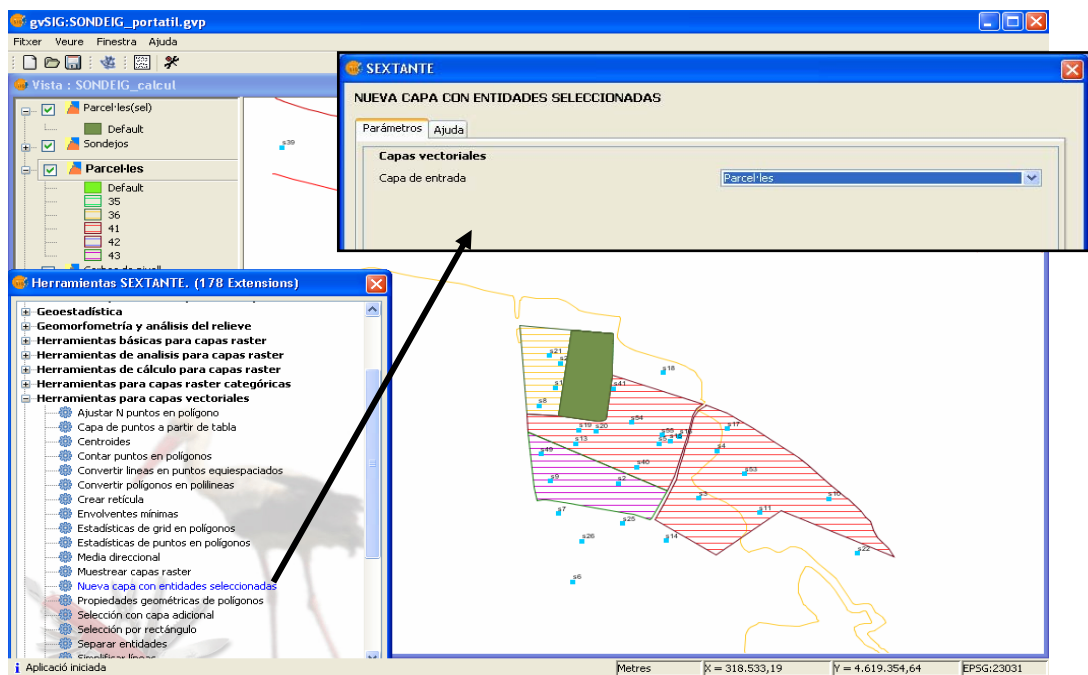


Figura 32: Creació de capes a partir d'una selecció

5.6.3. Creació dels Models Digitals d'Elevacions

Amb el procés descrit en el l'apartat 5.5.4 es poden crear els MDE corresponents a cadascuna de les capes de material. Només en el cas de la superfície del terreny, on es disposa d'informació complementària als sondejos, es pot seguir un mètode més complex que ha de facilitar un resultat més acurat.

El procés per crear el MDE amb la informació de les corbes de nivell, les cotes i els sondejos, consisteix en unificar totes les dades en una única capa de punts. Els passos a seguir són:

1. Convertir les corbes de nivell a punts. Mitjançant la utilitat de *SEXTANTE*, *Convertir líneas a puntos equidistantes*, de la categoria *Herramientas para capas vectoriales*, es mostra una finestra de diàleg on cal triar la capa a convertir i la distància entre els punts. En acceptar, es crea una nova capa de punts que s'afegeix en la primera posició de la TOC.
2. Unir les corbes de nivell, cotes i sondejós. Mitjançant el geoprocés de conversió de dades, *ajuntar*, es poden unir capes amb una mateixa geometria i conservant les columnes que tinguin el mateix nom (*Elevation* de les tres capes esmentades). Cal seleccionar les capes d'entrada, la capa de la que s'usaran les columnes i el nom de la capa de sortida.
3. Mitjançant la capa resultat del punt 2, es pot seguir el procés descrit en l'aparat 5.5.4 per tal de crear el seu MDE.

Els models de dades obtinguts segons les fonts d'informació són:

- **MDE_Z_sondejos**. Creada a partir del valor de la columna *Elevation* de la capa de sondejós.
- **MDE_Z_corbes**. Creada a partir de les corbes de nivell.
- **MDE_Z_cotes**. Creada a partir de les cotes altimètriques.
- **MDE_Z_cotes_sondejos**. Creada a partir de la columna *Elevation* de sondejós i de les cotes altimètriques.
- **MDE_E**. Creada a partir de la columna E de la capa de sondejós.
- **MDE_T**. Creada a partir de la columna T de la capa de sondejós.
- **MDE_R**. Creada a partir de la columna R de la capa de sondejós.

El mètode d'interpolació utilitzat per la generació d'aquests models és el de ponderació per distància. Es tracta de l'assignació de pesos a les dades de l'entorn en funció de la distància que les separa, permetent d'aquesta forma crear un MDE de manera fàcil i ràpida.

Un altre mètode més complex i que requereix un coneixement més ampli de les variables que hi intervenen és el *Kriging* (hipòtesi de la variable regionalitzada). La hipòtesi suposa que la variació espacial de la variable es pot representar, almenys de forma parcial, mitjançant funcions. La variació espacial dels valors de *Z* es pot obtenir dels valors que l'envolten d'acord a una funció homogènia. Es tracta de suposar que el valor de l'altitud està relacionat d'alguna manera amb els valors dels punts veïns, distribuïts a distàncies variables.

El propi mètode d'interpolació *Kriging* presenta diferents alternatives (ordinari, ordinari global, universal i universal global) que ajuden a obtenir el model digital més ajustat a realitat segons les característiques de l'estudi. En aquest treball, però, queda fora de l'abast dels coneixements adquirits fer un ús adequat d'aquestes eines, per la qual cosa s'ha optat per utilitzar un mètode més senzill i que facilita uns resultats bastant aproximats a la realitat.

5.6.4. Retall dels Models Digitals d'Elevacions

Per tal de poder realitzar els càlculs dels volums de terra de forma individual, cal tenir en una capa el polígon que defineixi l'àrea de cada parcel·la. Com el fitxer *finques.shp* conté el dibuix de totes les parcel·les, cal executar un procés per poder-les tractar de forma individual. Aquesta operació es pot realitzar de la següent forma:

- Seleccionar la capa de parcel·les de la TOC i prémer el botó per veure la taula d'atributs.
- Seleccionar l'element de la llista del qual es vol realitzar el procés.

- Accedir a la finestra d'extensions de *SEXTANTE*. En la categoria *Herramientas de capas vectoriales*, seleccionar l'opció *Nueva capa con entidades seleccionadas*.
- Es mostra la finestra de diàleg on cal seleccionar la capa de parcel·les. En acceptar la finestra, s'afegeix una capa en el primer lloc de la ToC amb el dibuix de la parcel·la seleccionada.

En aquest moment ja es disposa del límit de la parcel·la de la qual es volen realitzar els càlculs. Es tracta del polígon que servirà com a motllo per retallar les capes *raster* dels MDE. Aquesta operació també es pot realitzar amb l'extensió de *SEXTANTE*, *Cortar grids con capa de polígonos*, de la categoria *Herramientas básicas para capas raster*. Es mostra la finestra de diàleg següent:

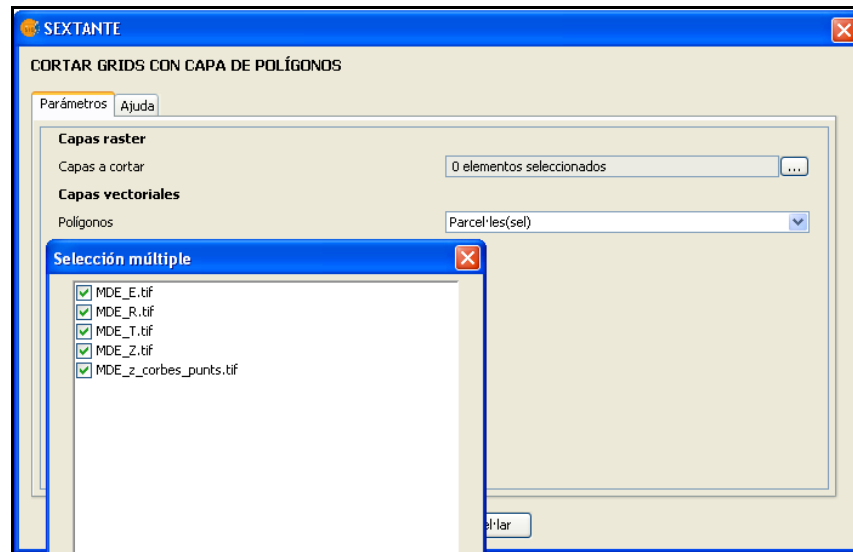


Figura 33: Selecció de capes a retallar mitjançant un polígon

Cal complimentar la finestra de la següent forma: En capes *raster*, s'accedeix a una nova finestra de diàleg de selecció múltiple que permet triar una o més capes de la TOC que es desitgin retallar. En capes vectorials, cal seleccionar la capa de parcel·les creada anteriorment. En acceptar la finestra de diàleg, es crea una nova capa per cadascuna de les capes *raster* seleccionades, les quals s'afegeixen en la part superior de la TOC.

5.6.5. Càlcul de volums

Amb els processos realitzats fins al moment, només queda efectuar el càlcul dels volums entre capes. Mitjançant l'ajuda de l'extensió de *SEXTANTE Volumen entre dos capas* de la categoria *Operaciones básicas para capas raster*, es pot realitzar aquest càlcul seleccionant les capes superior i inferior respectivament (figura 34). En acceptar la pantalla, es mostra una finestra de diàleg amb el resultat del càlcul.

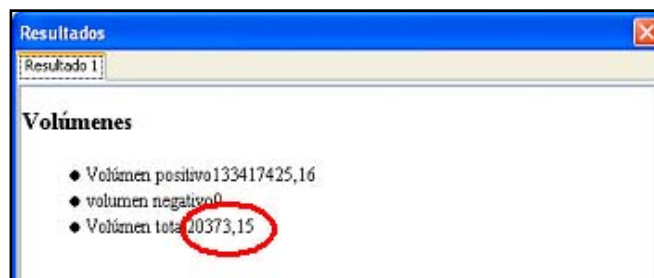


Figura 34: Càlcul de volums entre capes

Les fórmules emprades per als càlculs del volum de les capes, segons la nomenclatura dels models creats en l'apartat 5.6.3 són:

$$\text{Volum terra vegetal} = MDE_T - MDE_Z_{\text{sondejos}}$$

$$\text{Volum material a explotar} = MDE_E - MDE_T$$

$$\text{Volum roca} = MDE_R - MDE_E$$

5.6.6. Resultats del càlcul de volums

Com a resultat dels càlculs de volums efectuats sobre les capes de material a explotar i roca, s'obté una única informació, però pel què fa a la capa de terra vegetal segons la informació que es prengui de referència, el resultat varia. En primer lloc, es mostren els resultats dels càlculs obtinguts sobre la capa de terra vegetal segons la font d'informació:

Parcel·la	Àrea (ha)	Corbes (m3)	Cotes (m3)	Sondejos (m3)	Corbes i sondejos (m3)
35	1,3161	33.294,01	27.495,37	18.904,08	20.373,15
36	1,1830	26.346,94	20.080,02	13.032,78	15.463,35
41	5,3844	89.111,72	101.171,51	65.610,26	76.593,89
42	3,1546	70.840,98	57.257,12	37.616,06	42.425,97
43	2,0017	46.882,31	34.535,55	22.871,62	27.230,13

Taula 6: Comparativa dels resultats dels volums de terra vegetal

Pel que fa al resultat dels volums obtinguts de terra vegetal i material a explotar, es presenta el següent quadre comparatiu:

Parcel·la	Àrea (ha)	Terra vegetal (m3)	m3 per Ha de terra	Material a explotar (m3)	m3 per Ha de material	Roca (m3)
35	1,3161	18.904,08	14.363,71	142.864,85	108.551,67	19.917,35
36	1,1830	13.032,78	11.016,72	100.265,86	84.755,59	17.699,58
41	5,3844	65.610,26	12.185,25	666.314,26	123.749,03	81.011,32
42	3,1546	37.616,06	11.924,19	423.507,43	134.250,75	47.357,84
43	2,0017	22.871,62	11.426,10	263.377,63	131.576,97	29.940,76
TOTAL	13,0398	157.980,73	12.115,27	1.595.931,72	122.389,28	195.859,01

Taula 7: Resultats del càlcul de volums

Els valors obtinguts com a resultat del càlcul sobre l'àrea total de les finques, no es correspon exactament amb la suma dels càlculs individuals per parcel·la. Això és degut a que en retallar les parcel·les, els polígons resultants no encaixen exactament entre ells, donant petites diferències en la suma de les àrees obtingudes.

Finalment, només cal emmagatzemar els resultats obtinguts en la taula *Resultats* de la base de dades *sondejos.mdb*.

5.6.7. Anàlisi dels resultats

Dels resultats que es mostren en la taula 6 de l'apartat anterior, sobre el volum de terra vegetal obtingut amb diferents fonts d'informació, es pot concloure que:

- La superfície del terreny és molt plana, amb cotes pròximes als 200 metres.

- Els valors obtinguts en els sondejos varien lleument, però de forma generalitzada, de la capa d'altimetria de l'ICC. Es pot observar en la figura 35, que en la parcel·la 35 i en la 36 els valors dels sondejos (punts vermells) tenen tots el mateix valor (199 metres). En canvi, la corba de nivell de 200 metres està molt propera i alguna de les cotes altimètriques que estan dins, o molt properes, a les parcel·les (punts verds), oscil·len entre els 199,42 i 200,27 metres.
- Els volums superiors es donen amb les capes de corbes de nivell i cotes altimètriques.
- Donat que queda demostrat que es tracta d'una superfície molt plana, es considera que la millor font d'informació per al càlcul del volum de terres vegetal són els sondejos (les corbes i cotes altimètriques varien entre 0,5 i 1 metre respecte als sondejos).

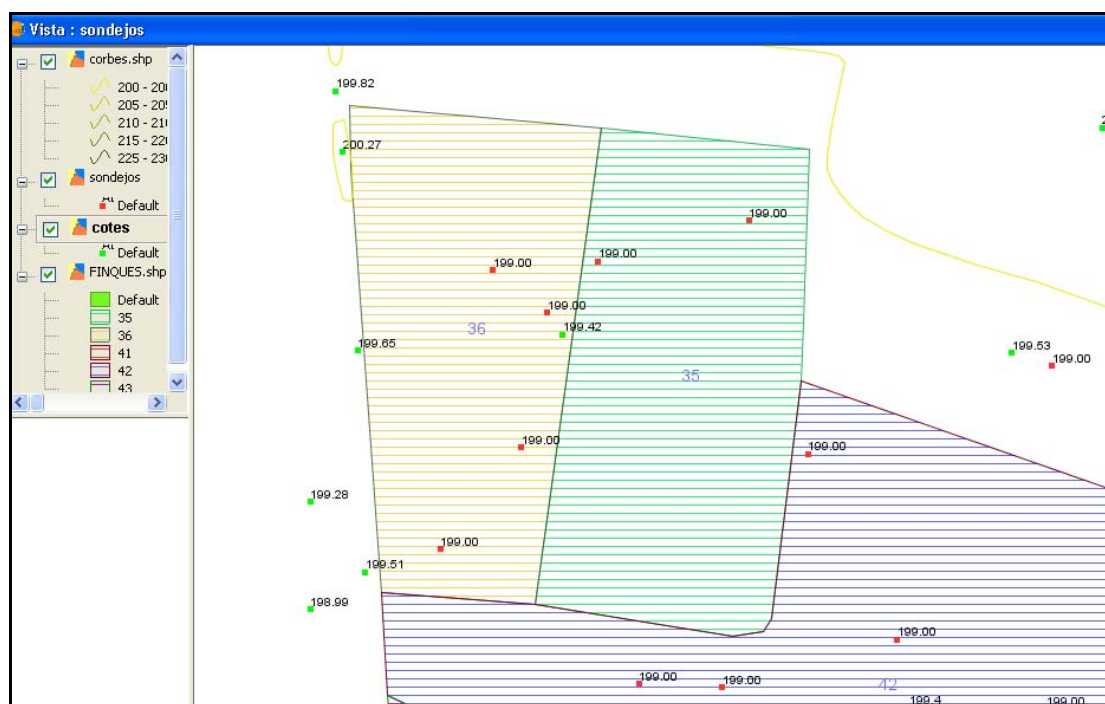
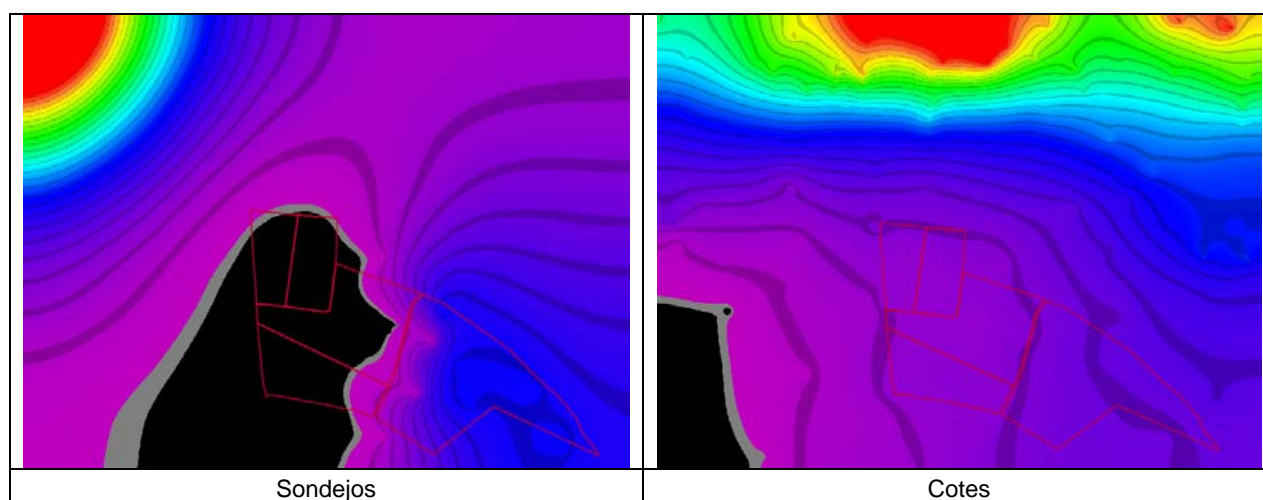


Figura 35: Diferències d'alçada segons la font d'informació

Mitjançant la visualització dels MDE de la superfície del terreny, també es pot apreciar la diferència de resultats segons la font d'informació escollida:



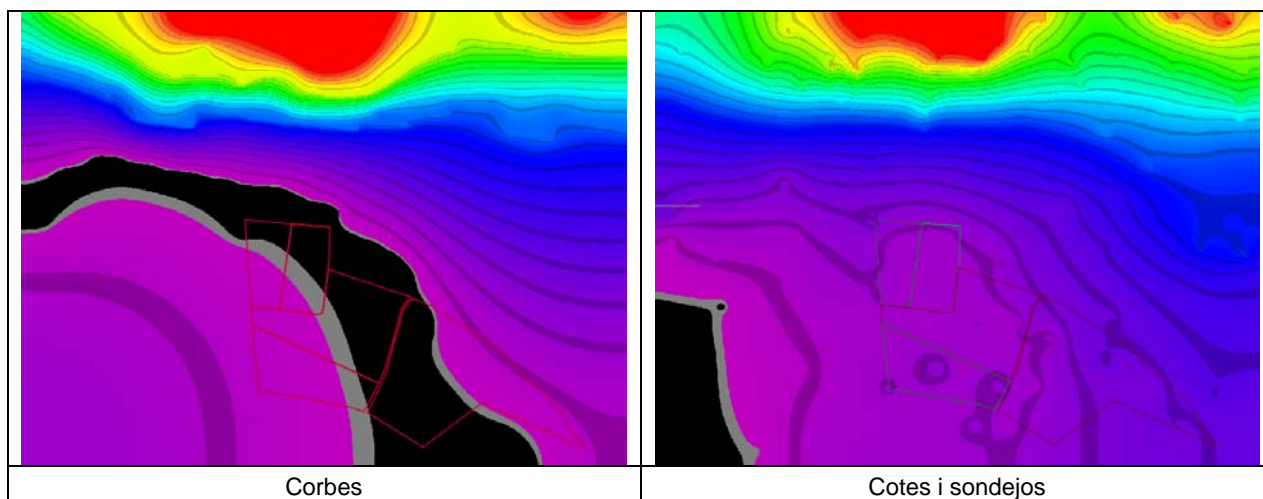


Figura 36: Comparativa MDE de la superfície del terreny (Z)

La utilització de l'explorador de píxels confirma que la superfície del terreny es força plana i si, per exemple, prenem com a referència les parcel·les 35 o 36, observem que els valors estan molt pròxims a 199 metres (figura 37).

199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09
199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09
199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09
199,09	199,09	199,08	199,08	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09
199,09	199,08	199,08	199,08	199,08	199,09	199,09	199,09	199,09	199,09
199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,09	199,09	199,09	199,09
199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,09	199,09
199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,09
199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08	199,08

Figura 37: Píxels del centre de la parcel·la 35 de la capa MDE de sondejos

Es pot observar que la parcel·la que presenta un major rendiment per hectàrea és la 42 amb 134.250,75 m³/ha de material a explotar i la de menys rendiment és la 36 amb 84.755,59 m³/ha. També es pot concloure que parcel·la 35 és la que presentarà més feina a l'hora d'extreure terra vegetal (14.363,71 m³/ha) i la que menys la 36 amb 11.016,72 m³/ha.

Finalment, s'ha confeccionat un mapa de la zona d'estudi (ANNEX-A) on es mostra, juntament amb la cartografia de referència (mapa topogràfic 1:5000 de l'ICC), un model digital d'elevacions del gruix de la capa de material a explotar.

6. Conclusions

Una vegada finalitzat aquest treball es pot concloure que s'han assolit els objectius plantejats en el seu inici. Per una banda, s'han adquirit coneixements teòrics sobre SIG, cartografia, geodèsia, etc. necessaris per comprendre com es realitza la georeferenciació dels objectes. Per altra banda, s'ha constatat la gran quantitat d'informació geogràfica lliure que existeix a Internet i s'ha pogut avaluar un dels programaris lliures de SIG que existeix al mercat amb més projecció de futur. Finalment, s'ha après a generar models digitals del terreny, a manipular-los i a utilitzar-los per obtenir càlculs de volums de terres.

Pel que fa als coneixements adquirits en la part més pràctica d'aquest treball, es poden destacar els següents:

- Instal·lació, configuració i valoració del programari lliure *gvSIG* i les seves extensions.
- Localització de diferents fonts d'informació cartografia lliure d'Internet i posterior utilització i manipulació mitjançant el programari *gvSIG*.
- Construcció d'un model relacional de dades per a l'emmagatzemament del resultat dels sondejos.
- Generació i utilització de models digitals del terreny.
- Utilització d'eines SIG d'anàlisi espacial per a fitxers vectorials i *raster*.
- Utilització de les funcionalitats de *gvSIG* i les seves extensions (en especial *SEXTANTE*) per a l'obtenció dels volums de terra vegetal i material a explotar de les parcel·les objecte de l'estudi.
- Creació d'un mapa de resultat, mitjançant l'ajuda del programari, on es mostra els gruixos del material a explotar amb un model digital d'elevacions utilitzant la cartografia de referència.

Es considera per tant que s'han adquirit els coneixements fonamentals dels SIG, s'ha sabut plantejar un projecte utilitzant un programari especialitzat per a resoldre un el problema plantejat i s'ha implementat un SIG que ha permès situar, gestionar i analitzar dades digitals.

Glossari

Atribut: Informació específica que representa una característica d'una entitat.

Base de dades: Conjunt estructurat de dades representat per entitats i les seves relacions.

Base de dades geogràfica: Base de dades que conté l'atribut de representació geogràfica espacial.

CAD: Acrònim anglès de *Computer Aided Design*. Sistema de dibuix i disseny assistit per ordinador.

Capa: Sistema de classificació d'entitats d'un SIG o CAD al que s'associa unes propietats determinades.

Cartografia: Conjunt d'operacions i processos que intervenen en la creació de mapes.

Coordenada: Quantitat utilitzada per definir una posició en un sistema de referència.

Cota: Sistema geomètric de referència emprat per expressar numèricament la posició geodèsica d'un punt sobre la terra.

Datum: Punt de referència en el terreny que serveix com a origen de coordenades d'un sistema geogràfic.

ED-50: *Datum* europeu (*European Datum 1950*).

Escala: Relació numèrica entre les dimensions expressades en un mapa i les dimensions reals en la superfície terrestre.

Fus: Secció de la Terra situada entre dos meridians.

Geodèsia: Ciència que estudia i determina la figura i magnitud del globus terrestre i del seu camp gravitatori.

Geoide: És la superfície equipotencial en el camp gravitatori de la Terra que adopta la forma de l'esferoide irregular tridimensional.

Georeferenciar: Associar coordenades geogràfiques a un objecte o estructura.

GPS: Acrònim de *Global Positioning System*, o sistema global que permet estimar les coordenades en la terra mitjançant la recepció de coordenades emeses per diferents satèl·lits.

ICC: Acrònim d'Institut Català de Cartografia.

IDE: Acrònim d'Infraestructura de Dades Espacial. Projecte format per un conjunt de recursos dedicats a gestionar i integrar informació geogràfica disponible en Internet.

Latitud: És la distància angular, mesurada en graus sobre el meridià, entre la localització terrestre i l'Equador.

Longitud: És la distància mesurada en graus sobre l'Equador, que hi ha d'un lloc respecte a un meridià origen.

Mapa: Model gràfic de la superfície terrestre on es representen objectes espacials i les seves propietats mètriques, topològiques i atributives.

Maquinari: Component físic d'un sistema informàtic.

MDE: Acrònim de Model Digital d'Elevacions. És una estructura numèrica de dades que representa la distribució espacial de l'altitud u la superfície del terreny.

MDT: Acrònim de Model Digital del Terreny. És una estructura numèrica de dades que representa la distribució espacial d'una variable quàntica i contínua.

OGC: Acrònim de *Open Geospatial Consortium*. Consorci que agrupa entitats públiques i privades amb la finalitat de crear estàndards oberts d'interoperativitat entre els SIG.

Ortofotomapa: Fotografia aèria modificada geomètricament per ajustar-la a un sistema de projecció geogràfica.

PAC: Acrònim de Prova d'Avaluació Continuada.

Píxel: Cada element discret en el que es divideix una imatge digital.

Programari: Element lògic d'un sistema informàtic format pel conjunt de programes i instruccions que gestionen el funcionament del programari.

Projecció: Conjunt de transformacions mètriques per a representar la superfície de la Terra sobre un plànol.

Raster: Model de dades en el que la realitat es representa mitjançant un cel·les elementals que formen un mosaic irregular.

SI: Acrònim de Sistema d'Informació.

SIG: Acrònim de Sistemes d'Informació Geogràfica. Sistema d'informació basat en la gestió de base de dades amb eines específiques que permeten treballar amb elements espacials i les seves propietats.

TIN: Acrònim de *Triangulated Irregular Network*. Model lògic de dades que consisteix en una xarxa triangular de punts per representar una superfície.

TFC: Acrònim de Treball Fi de Carrera.

UTM: Acrònim d'*Universal Transversa Mercator*. Sistema de coordenades basat en la projecció *Transversa Mercator*.

Vectorial: Model de dades en el que la realitat es representa mitjançant vectors. Un vector és un conjunt de dades del mateix tipus als quals s'accedeix mitjançant índexs.

Bibliografia

Alfonso, I. (2001). *Las Coordinadas Geográficas y la Proyección UTM*. Valladolid. Universitat de Valladolid.

Casanava, P. (2006). *SIG per gestionar rutes en camins no cartografiats*. Barcelona. Universitat Oberta de Catalunya.

Conselleria de Infraestructuras y transportede Valencia (2007). *gvSIG 1.1 Manual de usuario Versión 3*. València.

Felicísimo, A.M. (1999). *Modelos Digitales del Terreno*. Oviedo. Universitat d'Oviedo.

Marturià, J. (2007). *Enunciat Treball Fi de Carrera – Sistemes d'Informació Geogràfica*. Barcelona. Universitat Oberta de Catalunya.

Masó, J. (2005). *Software libre y cartografía gratuita. Posición y futuro de MiraMon*. Barcelona. Ciclo Luis Carreño. Institut de Geomàtica.

NCGIA (1997): NCGIA Core Curriculum in GIS Science.
(<http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/toc.html>)

Nicolau, F. (2005). *Competència comunicativa per a professionals de la informàtica*. Barcelona. Edicions UOC.

Olaya, V. (2006) *Fundamentos de análisis geográfico con SEXTANTE*. Madrid.

Tohà, P. (2006). *Construcció d'un SIG municipal aplicat a les necessitats d'una població qualsevol*. Barcelona. Universitat Oberta de Catalunya.

Verdú, M. (2007) *Tutorial rápido para crear un MDE a partir de cotas con gvSIG*.

Enllaços consultats a Internet:

Articles de Geomàtica i Cartografia (octubre 2007): <http://www.cartesia.org/>

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (octubre 2007):
<http://www.creaf.uab.cat/mcsc/>

Departament de Medi Ambient i Habitat de la Generalitat (octubre 2007):
http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/

Diccionari de l'Institut d'Estudis Catalans (octubre-novembre 2007): <http://www.iec.cat>

Estàndards Open Geospatial Consortium (OGC) (octubre 2007):
<http://www.opengeospatial.org/>

gvSIG Conselleria d'Infraestructures i Transport de la Generalitat valenciana (octubre-desembre 2007): <http://www.gvsig.gva.es>

Google Maps (octubre 2007): <http://maps.google.es/>

Google Earth (octubre 2007): <http://earth.google.com/intl/es/>

Institut Cartogràfic de Catalunya (octubre-desembre 2007): <http://www.icc.cat>

Infraestructura de Dades Espacials de Catalunya (octubre 2007):

<http://www.geoportal-idec.net/geoportal>

Ministeri de Foment (octubre 2007): http://www.ideo.es/show.do?to=pideep_pidee.ES

Oficina Virtual del Catastre (octubre-desembre 2007): <http://ovc.catastro.meh.es/>

Portal de Geografia (octubre 2007). <http://podespacial.com>

Portal de Tecnologies i SIG (octubre 2007): <http://www.nosolosig.com/>

Programari *ArcView* (octubre 2007): <http://www.esri-es.com/>

Programari *Geomedia* (octubre 2007): <http://www.intergraph.es/>

Programari *MicroStation* (octubre 2007): <http://www.bentley.com/es-MX>

Recursos de Gabriel Ortiz (octubre 2007): <http://www.gabrielortiz.com/>

Revista Internacional de Ciència i Tecnologia de la Informació Geogràfica (octubre 2007): <http://geofocus.rediris.es/>

SEXTANTE. Sistema extremeny d'anàlisi territorial (octubre-desembre 2007):

<http://www.sextantegis.com>

SIGPAC. Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (octubre 2007):

<http://sigpac.mapa.es/feqa/visor/>

Wikipedia, la enciclopèdia lliure (octubre-desembre 2007): <http://es.wikipedia.org>

ANNEX-A - Mapa que mostra el MDE del gruix de la capa de material a explotar

