UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Enginyeria en informàtica

SIG per a la gestió dels vèrtexs geodèsics de Catalunya amb *Geomedia*®

Alumne/a: Marcos Cruz Arjona
Dirigit per: Anna Muñoz Bollas

Curs 2007-08 (setembre)

“This one, with gratitude, is for Heidi and my pals”

SIG per a la gestió dels vèrtexs geodèsics de Catalunya amb *Geomedia*®

Resum

L'objectiu del projecte es estudiar el que és i el que no és un sistema d'informació geogràfica, conèixer la tecnologia associada a aquests sistemes, així com el tipus i format de les dades que fan servir. Tanmateix, l'estudi no és només teòric i, per conèixer els mecanismes de automatització que ofereix *GeoMedia,* s'implementa una petita eina de gestió de vèrtexs geodèsics centrada al territori de Catalunya que fa servir Oracle, com gestor de bases de dades. Des del començament, es veu que allò que fa un SIG especial es la seva singular capacitat d'analitzar d'informació georeferenciada. Per tant, com els SIG tracten informació geogràfica, es fa un repàs dels conceptes bàsics relacionats amb la topologia, la cartografia, així com els tipus de dades que fa servir: metadades, atributs i models de dades espacials. Desprès de tractar els conceptes basics, s'exposen las tasques que cal fer per preparar les dades que serviran de mostra per al desenvolupament (mapes, ortofotomapes i digitalitzacions). A partir d'aquest punt, es fa el mateix tractament que en qualsevol altre desenvolupament de programari i s'aborden les fases de requeriments, especificació i disseny de l'eina de gestió a desenvolupar. Finalment, es conclou que tot i que *GeoMedia* té grans virtuts com a sistema d'informació geogràfica, el seu ús juntament amb Oracle és difícil i molt limitat.

SIG para la gestión de los vértices geodésicos de Cataluña con *Geomedia*®

Resumen

El objetivo del proyecto es estudiar lo que es y lo que no es un sistema de información geográfica, conocer la tecnología asociada a estos sistemas, así como el tipo i formato de los datos que utiliza. Sin embargo, el estudio no es sólo teórico y, para conocer los mecanismos de automatización que ofrece GeoMedia, se implementa una pequeña herramienta de gestión de vértices geodésicos centrada en el territorio de Cataluña que utiliza Oracle, como gestor de base de datos. Desde el principio, se ve que lo que hace a un SIG especial es su singular capacidad de analizar información georeferenciada. Por tanto, como los SIG tratan información geográfica, se hace un repaso de los conceptos básicos relacionados con la topología, la cartografía, así como los tipos de datos que utiliza: metadatos, atributos y modelos de datos espaciales. Después de tratar los aspectos básicos, se exponen las tareas que hay que realizar para preparar los datos que servirán de muestra para el desarrollo (mapas, ortofotomapas y digitalizaciones). A partir este punto, se realiza el mismo tratamiento que en cualquier otro desarrollo de software y se abordan las fases de requerimientos, especificación y diseño de la herramienta de gestión a desarrollar. Finalmente, se concluye que aunque GeoMedia tiene grandes virtudes como sistema de información geográfico, su uso con Oracle es difícil y muy limitado.

GIS to manage Catalonia's geodesic vertexes with *Geomedia*®

Summary

The project's purpose is study what a Geographical Information System is and what it is not, know the technology related to theses systems, as well as the kind and format of the data they use. However, the study is not only theoretical and, in order to learn the automation mechanisms that GeoMedia supports, a geodesic vertexes manager focused in Catalonia and using Oracle, as database management system, is developed. From the very beginning, it's clear that what makes a GIS special is its ability to analyze georeferenced data. Therefore, since GIS systems manage geographical data, basic notions related to topology, cartography, as well as the kind of data they use: metadata, attributes and special data models are reviewed. After the basic notions are explained, the tasks to manage the application's sample data are treated (maps, photomaps and digitizing). From this point on, the same things are treaded as in any software developing project: requirements, specifications and design of the geodesic vertexes manager. Finally, is concluded that even though GeoMedia is powerful as Geographical Information System, its use along with Oracle is hard and limited.

Índex

1. Introducció 8
1.1 Justificació del PFC 8
1.2 Objectius 9
1.3 Abast 9
1.4 Enfocament i mètode seguit 9
1.5 Planificació del projecte 10
1.5.1 Relació d'activitats 10
1.5.1.1 PAC1 10
1.5.1.2 PAC2 10
1.5.1.3 PAC3 11
1.5.1.4 PAC4 12
1.5.1.5 Debat virtual 13
1.5.2 Calendari 13
1.5.3 Fites principals 13
1.5.4 Mecanismes de control 14
1.6 Productes obtinguts 16
1.7 Descripció de la memòria 16

2. Conceptes 17
2.1 SIG 17
2.1.1 Definició 17
2.1.2 Arquitectura 18
2.1.2.1 Subsistemes 18
2.1.2.2 Components 21
2.1.3 Comparativa amb altres sistemes 22
2.1.3.1 Disseny assistit per ordinador (CAD) 22
2.1.3.2 Sistema gestor de bases de dades (SGBD) 23
2.1.4 Aplicacions 23
2.2 Topologia 24
2.2.1 Definició 24
2.2.2 Model 25
2.2.3 Avantatges 26
2.2.4 Inconvenients 26
2.3 Cartografia 27
2.3.1 Definició 27
2.3.2 Escala 27
2.3.2.1 Representació numèrica 28
2.3.2.2 Representació gràfica o lineal 29
2.3.2.3 Categories i utilització 29
2.3.3 Forma de la Terra 29
2.3.3.1 L'el·lipsoide 30
2.3.3.2 El geoide 31
2.3.4 Projeccions 32
2.3.4.1 Distorsions 33

2.3.4.2 Classificació ... 33
2.3.4.2.1 Projeccions planes o azimutals ... 33
2.3.4.2.2 Projeccions cilíndriques ... 36
2.3.4.2.3 Projeccions còniques ... 37
2.3.5 Sistemes de referència ... 39
2.3.6 Sistemes de coordenades ... 39
2.3.6.1 Coordenades geogràfiques ... 39
2.3.6.2 Coordenades cartesianes UTM ... 40
2.4 Dades ... 40
2.4.1 Metadades ... 41
2.4.2 Atributs ... 42
2.4.3 Models de dades espacials ... 43
2.4.3.1 Model *raster* ... 43
2.4.3.2 Model vectorial ... 44
2.4.3.3 Model TIN ... 44

3. GeoMedia ... 45
3.1 Conceptes bàsics ... 45
3.2 Càrrega de dades ... 46
3.2.1 Límits i àrees ... 47
3.2.2 Ortofotomapes ... 49
3.2.3 Digitalització d'elements representatius ... 50
3.2.4 Altres ... 53

4. Requeriments ... 54
4.1 Descripció general ... 54
4.2 Requeriments funcionals ... 55
4.2.1 Creació de nous vèrtexs geodèsics ... 55
4.2.2 Consulta de les dades del vèrtexs geodèsics ... 55
4.2.3 Modificació de les dades dels vèrtexs geodèsics ... 55
4.2.4 Eliminació de vèrtexs geodèsics ... 55
4.2.5 Triangulació de vèrtexs geodèsics ... 56
4.3 Requeriments no funcionals ... 56
4.3.1 Plataforma de desenvolupament ... 56
4.3.2 Plataforma d'explotació ... 56
4.3.3 Altres ... 56

5. Especificació ... 58
5.1 Model conceptual ... 58
5.1.1 Model ... 58
5.1.2 Restriccions d'integritat ... 59
5.1.3 Decisions de disseny ... 60
5.2 Model de casos d'ús ... 60
5.1.1 Diagrama de casos d'ús ... 60
5.1.2 Especificació de casos d'ús ... 60

6. Disseny ... 64
6.1 Model de dades ... 64
6.1.1 Disseny físic ... 64
6.1.2 Decisions de disseny ... 67

6.1.3 Integració a *GeoMedia* 68
6.2 Arquitectura del Sistema 69
6.2.1 Patró arquitectònic 69
6.2.2 Components 69
6.2.3 Comandes d'aplicació 71
6.2.4 Registre de Windows 73
6.3 Interfície gràfica 74
6.3.1 Menús 74
6.3.2 Afegir nous vèrtexs 74
6.3.3 Consulta / Modificació 76
6.3.4 Triangulació de vèrtexs 76
6.3.5 Configuració 76
6.4 Model d'objectes de *GeoMedia* 77
6.5 Triangulació de *Delaunay* 79

7. Conclusions 80
7.1 Dificultats trobades 80
7.2 Millores 81
7.3 Valoració final 81

Referències 82
Glossari 85
Bibliografia 87

Índex de figures

Fig. 1 Dispositiu de mesurament *Surveylab*® 18
Fig. 2 Elements d'una base de dades geogràfica 19
Fig. 3 Geoprocessament 20
Fig. 4 Exemple de geoprocessament 20
Fig. 5 Tipus de representacions 21
Fig. 6 Components d'un SIG 22
Fig. 7 Model topològic 25
Fig. 8 Model de comunicació cartogràfic 27
Fig. 9 Representació gràfica de l'escala 29
Fig. 10 El·lipsoide i la seva equació paramètrica 31
Fig. 11 Geoide respecte de la superfície terrestre 32
Fig. 12 Geoide respecte de l'el·lipsoide en un punt 32
Fig. 13 Aspecte de les projeccions azimutals o planes 34
Fig. 14 Projecció plana ortogràfica 34
Fig. 15 Raigs de llum en una projecció plana ortogràfica 34
Fig. 16 Raigs de llum en una projecció plana estereogràfica 34
Fig. 17 Projecció plana estereogràfica 34
Fig. 18 Projecció plana gnomònica 35
Fig. 19 Projecció plana equidistant 35
Fig. 20 Projecció plana de Lambert amb diferents aspectes 35
Fig. 21 Aspecte de les projeccions cilíndriques 36
Fig. 22 Fus 13 37
Fig. 23 Quadricula UTM 37
Fig. 24 Aspecte de les projeccions còniques 38
Fig. 25 Projecció conforme de Lambert 38
Fig. 26 Projecció policònica 38
Fig. 27 Exemple d'atributs associats a elements geogràfics 42
Fig. 28 Model *raster* 43
Fig. 29 Amfiteatre Romà de Tarragona 50
Fig. 30 Circuit de Catalunya 51
Fig. 31 Estany de Banyoles 51
Fig. 32 Museu Dalí 51
Fig. 33 Palau Sant Jordi 52
Fig. 34 Pantà de Sau 52
Fig. 35 Presa de Flix 52
Fig. 36 Llegenda 53
Fig. 37 Model conceptual 59
Fig. 38 Diagrama de casos d'ús 60
Fig. 39 Clau del Sistema al registre 73
Fig. 40 Llista dels valors que el Sistema emmagatzema al registre de Windows 74
Fig. 41 Menú principal 74
Fig. 42 Model d'objectes de *GeoMedia* 77
Fig. 43 Triangulació de *Delaunay* 79

Capítol 1
Introducció

El éxito no se logra sólo con cualidades especiales, es sobre todo un trabajo de constancia, de método y de organización.

Sergent, J.P. (1879-1955)

Un dels aspectes claus que determinen l'èxit o fracàs de tot projecte és el grau de serietat a l'hora de definir i planificar el projecte, així com dels mecanismes de seguiment. Per tant, aquest primer capítol s'ocupa de la seva definició i planificació. En primer lloc, es justifica el projecte i es defineix en termes d'objectius i abast. Així mateix, en aquesta primera part, s'exposa la metodologia seguida durant la seva realització. A continuació, es defineix la planificació del projecte. Com a part d'aquest apartat, s'identifiquen la relació d'activitats que formen el cos del projecte, el calendari de treball, les fites principals i, juntament amb els factors de risc, els mecanismes de control i seguiment. Finalment, s'enumeren els productes que s'obtindran al final del projecte i es descriu el contingut de la resta de la memòria.

1.1 Justificació del PFC

Els sistemes d'informació geogràfica són sistemes d'informació resultants de la sinergia d'altres disciplines com la gestió de bases de dades, la geometria computacional, la informàtica gràfica, la mineria de dades, l'estadística, etc. A més, i com passa amb tota sinergia, el tot és molt més que la suma de les parts. En la actualitat, aquests sistemes estan esdevenint claus per a analitzar i resoldre un gran ventall de problemes i cada dia es descobreixen noves aplicacions. Tanmateix, no és possible trobar una assignatura al pla d'estudis de la enginyeria en informàtica que faci d'aquests sistemes el seu eix central. Per tant, aquest PFC és una bona oportunitat per a d'estudiar i entendre els conceptes associats als SIG, en un exercici de recerca personal, a l'hora que es posen en pràctica molts dels coneixements adquirits durant la carrera. Així mateix, el fet d'estudiar *GeoMedia*, un

sistema de informació geogràfica que es fa servir comercialment, garanteix que els coneixements adquirits es podran aplicar en altres sistemes semblants.

1.2 Objectius

En acabar la realització d'aquest projecte de fi de carrera, s'han d'haver assolit els següents objectius:

- Comprendre els conceptes de la tecnologia SIG i la seva metodologia.
- Conèixer l'estructura dels diferents tipus de dades.
- Conèixer el concepte de topologia.
- Saber trobar, generar i manipular dades geogràfiques.
- Saber plantejar un projecte SIG.
- Demostrar coneixement pràctic de les operacions d'anàlisi espacial i transformacions en *Intergraph® GeoMedia® Professional 6.0.*
- Saber utilitzar els mecanismes d'automatització d'*Intergraph® GeoMedia® Professional 6.0* per a crear noves opcions, fent servir llenguatges de programació estàndards.

1.3 Abast

Es considera dintre de l'abast d'aquest projecte:

- Estudi de la tecnologia SIG i de la seva metodologia, així com del concepte de topologia, cartografia i de l'estructura dels diferents tipus de dades
- Recopilació, cerca i tractament de les dades (vèrtexs geodèsics i ortofotomapes) que es faran servir com a mostra del projecte, així com la digitalització d'elements representatius georeferenciats sobre els ortofotomapes.
- Creació de la base de dades que es farà servir com a mostra de l'estudi.
- Estudi dels mecanismes d'automatització que proposa *Intergraph® GeoMedia® Professional 6.0*
- Implementació de les eines de consulta automatitzada i de l'algorisme de Delaunay.
- Redacció de la memòria del projecte.
- Realització de la presentació virtual.
- Participació en el debat virtual.

1.4 Enfocament i mètode seguit

El projecte ha estat dividit en quatre grans blocs: estudi dels conceptes SIG necessaris per a aprendre i abordar la resta del projecte, recopilació de les dades utilitzades de mostra, digitalització dels elements representatius i, finalment, desenvolupament de les comandes d'aplicació. La part que sense dubte ha requerit més recursos ha estat la corresponent al primer bloc, la qual no es va limitar a recopilar informació, sinó a valorar i entendre tota la documentació trobada. En aquest sentit, la memòria intenta fugir d'expressions purament retòriques i aspira a fer entendre el que descriu.

Quant al procés de desenvolupament, s'ha seguit el mètode conegut com a "Procés Unificat de Desenvolupament de Programari" (*The Unified Software Development Process*), anomenat simplement com a UP (*Unified Process*), i que ha estat descrit magistralment per *Craig Larman* [41] i *Ivar Jacobson* [42]. Es tracta d'un procés interactiu de desenvolupament de programari en què es fuig de finalitzar completament cadascuna de les seves fases (pla i elaboració, construcció i implementació) d'un cop i que consisteix en iterar entre elles, refinant-les al llarg del projecte, fent possible veure resultats aviat i que totes les fases es vegin influenciades pels resultats des del

començament. Durant les fases que el composen, UP fa servir el llenguatge de modelat UML i els diversos artefactes que ofereix: model conceptual, diagrama de casos d'ús, model de casos d'ús, model de dades, model de classes de disseny, diagrames de seqüència, model de proves, etc.

1.5 Planificació del projecte

La planificació del projecte consisteix a estructurar i descriure les activitats que cal dur a terme per a aconseguir els objectius marcats, prenent en consideració els riscos i els mecanismes necessaris per a fer un seguiment del seu progrés. L'apartat comença amb la relació d'activitats que composen el projecte, continua amb el calendari de treball i les fites principals i finalitza analitzant els mecanismes de control que garanteixen el seguiment de la planificació.

1.5.1 Relació d'activitats

En els següents cinc subapartats es detalla la informació de les activitats que componen el cos del projecte i que corresponen als cinc blocs en els que han estat agrupades al calendari.

1.5.1.1 PAC1

Elaboració del pla de treball		**Hores** 36
Inici 27 de setembre de 2007	**Final** 2 d'octubre de 2007	**Planes** 0
Planificació del projecte i elaboració del document "pla de treball"		

Lliurament del pla de treball		
Data 2 d'octubre de 2007		
Lliurament del document "pla de treball"		

1.5.1.2 PAC2

Instal·lació Oracle® 10g Express		**Hores** 2
Inici 3 d'octubre de 2007	**Final** 3 d'octubre de 2007	**Planes** 0
Instal·lació d'*Oracle® Database 10g Express Edition* com a SGBD que gestionarà la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya i la resta de dades que es faran servir com a mostra en el projecte.		

Instal·lació GeoMedia® PRO 6.0		**Hores** 3
Inici 3 d'octubre de 2007	**Final** 3 d'octubre de 2007	**Planes** 0
Instal·lació d'*Intergraph® GeoMedia® Professional 6.0* com el motor de SIG sobre el que s'implementaran les eines de consulta automatitzada i l'algorisme de *Delaunay*.		

Estudi conceptes GIS		**Hores** 26
Inici 4 d'octubre de 2007	**Final** 7 d'octubre de 2007	**Planes** 5
Estudi de la tecnologia GIS i la seva metodologia.		

Estudi conceptes de topologia		**Hores** 25
Inici 8 d'octubre de 2007	**Final** 12 d'octubre de 2007	**Planes** 5
Estudi del concepte de topologia, cartografia i l'estructura dels diferents tipus de dades.		

Descàrrega dades de la mostra		**Hores** 41
Inici 13 d'octubre de 2007	**Final** 19 d'octubre de 2007	**Planes** 4
Cerca, descàrrega i tractament de les dades que es faran servir com a mostra del projecte: vèrtexs geodèsics i ortofotomapes. Així mateix, es digitalitzaran elements representatius georeferenciats sobre els ortofotomapes.		

Estudi mecanismes d'automatització		**Hores** 41
Inici 20 d'octubre de 2007	**Final** 26 d'octubre de 2007	**Planes** 10
Estudi del funcionament i possibilitats d'*Intergraph® GeoMedia® Professional 6.0*. A més a més, s'estudiaran els mecanismes d'automatització que ofereix per a la implementació de les eines de consulta automatitzada i l'algorisme de Delaunay fent servir un llenguatge de programació estàndard: *Microsoft® Visual Basic® 6.0.*		

Requeriments		**Hores** 26
Inici 27 d'octubre de 2007	**Final** 30 d'octubre de 2007	**Planes** 10
Descripció dels requeriments funcionals i no funcionals del projecte. En els requeriments funcionals es descriuran totes les entrades i sortides del sistema, així com la seva relació amb els processos, dades i actors. En els requeriments no funcionals es descriurà la plataforma de desenvolupament, la plataforma d'explotació i les qualitats generals del sistema.		

Lliurament esborrany PAC2		
Data 30 d'octubre de 2007		
Lliurament de la memòria del projecte al consultor, per a una valoració prèvia al lliurament definitiu.		

Correccions PAC2		**Hores** 41
Inici 31 d'octubre de 2007	**Final** 6 de novembre de 2007	**Planes** 0
Realització de les correccions suggerides pel consultor, en relació a la memòria del projecte.		

Lliurament PAC2		
Data 6 de novembre de 2007		
Lliurament de la memòria del projecte.		

1.5.1.3 PAC3

Model conceptual		**Hores** 5
Inici 7 de novembre de 2007	**Final** 7 de novembre de 2007	**Planes** 3
Representació dels conceptes significatius en el domini del problema en forma de classes, associacions i atributs fent servir el llenguatge de modelat UML.		

Disseny lògic del model de dades		**Hores** 5
Inici 8 de novembre de 2007	**Final** 8 de novembre de 2007	**Planes** 3
Transformació dels conceptes persistents del model conceptual en un model de dades, utilitzant el model relacional clàssic i el llenguatge de modelat UML, amb independència de les característiques pròpies de l'SGBD *Oracle® Database 10g Express Edition*.		

Disseny físic del model de dades		**Hores** 5
Inici 9 de novembre de 2007	**Final** 9 de novembre de 2007	**Planes** 3
Transformació del disseny lògic del model de dades en un nou model que farà servir les característiques pròpies de l'SGBD *Oracle® Database 10g Express Edition*. Com a resultat, s'obtindran un document amb el disseny físic expressat en forma de diagrama UML i un altre document, amb el disseny físic expressat en forma textual.		

Creació de la BD		**Hores** 5
Inici 10 de novembre de 2007	**Final** 10 de novembre de 2007	**Planes** 0
Creació de la BD, en *Oracle® Database 10g Express Edition*, que contindrà la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya i la resta de dades que es faran servir com a mostra en el projecte, utilitzant el disseny físic expressat en forma textual obtingut com a resultat de l'activitat anterior.		

Inserció dades mostra a la BD		**Hores** 21
Inici 10 de novembre de 2007	**Final** 13 de novembre de 2007	**Planes** 0
Inserció dins la BD del projecte de totes les dades que s'utilitzaran com a mostra: els vèrtexs geodèsics, els ortofotomapes i la informació georeferenciada dels elements representatius digitalitzats.		

Implementació de les consultes		**Hores** 123
Inici 14 de novembre de 2007	**Final** 4 de desembre de 2007	**Planes** 15
Implementació de les consultes automatitzades i de l'algorisme de Delaunay seguint un cicle de disseny, prototipus, implementació i proves per a cada requeriment funcional.		

Lliurament esborrany PAC3		
Data 4 de desembre de 2007		
Lliurament de la memòria del projecte i dels lliurables resultants de la implementació al consultor, per a una valoració prèvia al lliurament definitiu.		

Correccions PAC3		**Hores** 41
Inici 5 de desembre de 2007	**Final** 11 de desembre de 2007	**Planes** 0
Realització de les correccions suggerides pel consultor, en relació a la memòria del projecte i la implementació, tant de les consultes automatitzades com de l'algorisme de Delaunay.		

Lliurament PAC3		
Data 11 de desembre de 2007		
Lliurament de la memòria del projecte i dels lliurables resultants de la implementació.		

1.5.1.4 PAC4

Realització de la presentació virtual		**Hores** 72
Inici 12 de desembre de 2007	**Final** 23 de desembre de 2007	**Planes** 20
Realització d'una presentació virtual on es sintetitzarà el treball realitzat per a permetre al Tribunal d'avaluació tenir una perspectiva del PFC.		

Finalització de la memòria		**Hores** 41
Inici 24 de desembre de 2007	**Final** 30 de desembre de 2007	**Planes** 20
Redacció dels aspectes finals del projecte, com la valoració econòmica o les conclusions, i temps per a fer una ultima revisió del contingut de la memòria.		

Lliurament esborrany PAC4		
Data 30 de desembre de 2007		
Lliurament de la presentació virtual i la memòria del projecte al consultor, per a una valoració prèvia al lliurament definitiu.		

Correccions PAC4		**Hores** 46
Inici 31 de desembre de 2007	**Final** 7 de gener de 2008	**Planes** 0
Realització de les correccions suggerides pel consultor, en relació a la presentació virtual i la memòria del projecte		

Lliurament PAC4		
Data 7 de gener de 2008		
Lliurament de la presentació virtual, la memòria del projecte i els lliurables corresponents a la implementació.		

1.5.1.5 Debat virtual

Debat virtual		
Inici 21 de gener de 2007	**Final** 24 de gener de 2008	
Durant quatre dies, el Tribunal d'avaluació formularà preguntes que farà arribar a la meva bústia personal i que caldrà respondre en un termini de 24 hores.		

1.5.2 Calendari

El diagrama de Gantt corresponent al calendari es mostra a la figura A1. La distribució d'hores disponibles diàriament utilitzada al calendari segueix el següent patró:

- de dilluns a divendres: 5 hores diàries.
- caps de setmana: 8 hores diàries.

1.5.3 Fites principals

A partir del calendari mostrat a l'apartat anterior, s'enumeren les fites que es consideren més rellevants:

Data	Descripció fita
2 d'octubre de 2007	Lliurament del pla de treball
6 d'octubre de 2007	Trobada presencial
30 d'octubre de 2007	Lliurament esborrany PAC2
6 de novembre de 2007	Lliurament PAC2
4 de desembre de 2007	Lliurament esborrany PAC3
11 de desembre de 2007	Lliurament PAC3
30 de desembre de 2007	Lliurament esborrany PAC4
7 de gener de 2008	Lliurament PAC4
21 de gener de 2008	Debat virtual
25 de gener de 2008	Fi del projecte

1.5.4 Mecanismes de control

Per tal de garantir que les fites s'acompleixen amb els resultats establerts i dins dels terminis de temps definits al calendari, existeixen les tasques de lliurament de cadascuna de les PAC i dels corresponents esborranys. Així mateix, s'han avaluat els possibles riscos i les accions que es podrien prendre per tal de minimitzar el seu impacte:

Risc	**Manca d'experiència**
Descripció	La manca d'experiència en projectes SIG pot fer que algunes de les estimacions no es compleixin.
Probabilitat	Alta
Acció	Dedicar més hores a algunes activitats i reajustar la planificació. En el cas que siguin necessàries més hores per finalitzar el projecte, es faran servir les hores extres dels dies de vacances i festius que no han estan comptabilitzades deliberadament en la planificació.

Risc	**Malalties**
Descripció	Incapacitat per continuar el desenvolupament del projecte durant un temps degut a una malaltia.
Probabilitat	Baixa
Acció	Fer servir les hores extres dels dies de vacances i festius que no han estan comptabilitzades deliberadament en la planificació i, si fos necessari, dedicar més hores diàriament de les que han estat reservades pel projecte.

Risc	**Avaries a la plataforma de desenvolupament**
Descripció	Incapacitat per continuar el projecte durant un temps degut a una avaria al maquinari de la plataforma de desenvolupament.
Probabilitat	Baixa
Acció	S'ha aconseguit un acord per tenir la possibilitat de recuperar la plataforma d'explotació en un termini màxim de 48 hores.

Nombre	Duración
Fita externa 1: inici del curs	0 horas
Fita externa 2: Trobada presencial	0 horas
Fita externa 3: Inici debat virtual	0 horas
Fita externa 4: Fi del projecte	0 horas
PAC1	**36 horas**
Elaboració del pla de treball	36 horas
Lliurament del pla de treball	0 horas
PAC2	**205 horas**
Instal.lació Oracle 10g Express	2 horas
Instal.lació Geomedia PRO 6.0	3 horas
Estudi conceptes SIG	26 horas
Estudi conceptes de topologia	25 horas
Descàrrega dades de la mostra	41 horas
Estudi mecanismes d'automatització	41 horas
Requeriments	26 horas
Lliurament esborrany PAC2	0 horas
Correccions PAC2	41 horas
Lliurament PAC2	0 horas
PAC3	**205 horas**
Model conceptual	5 horas
Disseny lògic del model de dades	5 horas
Disseny físic del model dades	5 horas
Creació de la BD	5 horas
Inserció dades mostra a la BD	21 horas
Implemtentació de les consultes	123 horas
Lliurament esborrany PAC3	0 horas
Correccions PAC3	41 horas
Lliurament PAC3	0 horas
PAC4	**159 horas**
Realització de la presentació virtual	72 horas
Finalització de la memòria	41 horas
Lliurament esborrany PAC4	0 horas
Correccions PAC4	46 horas
Lliurament PAC4	0 horas
Debat virtual	**30 horas**

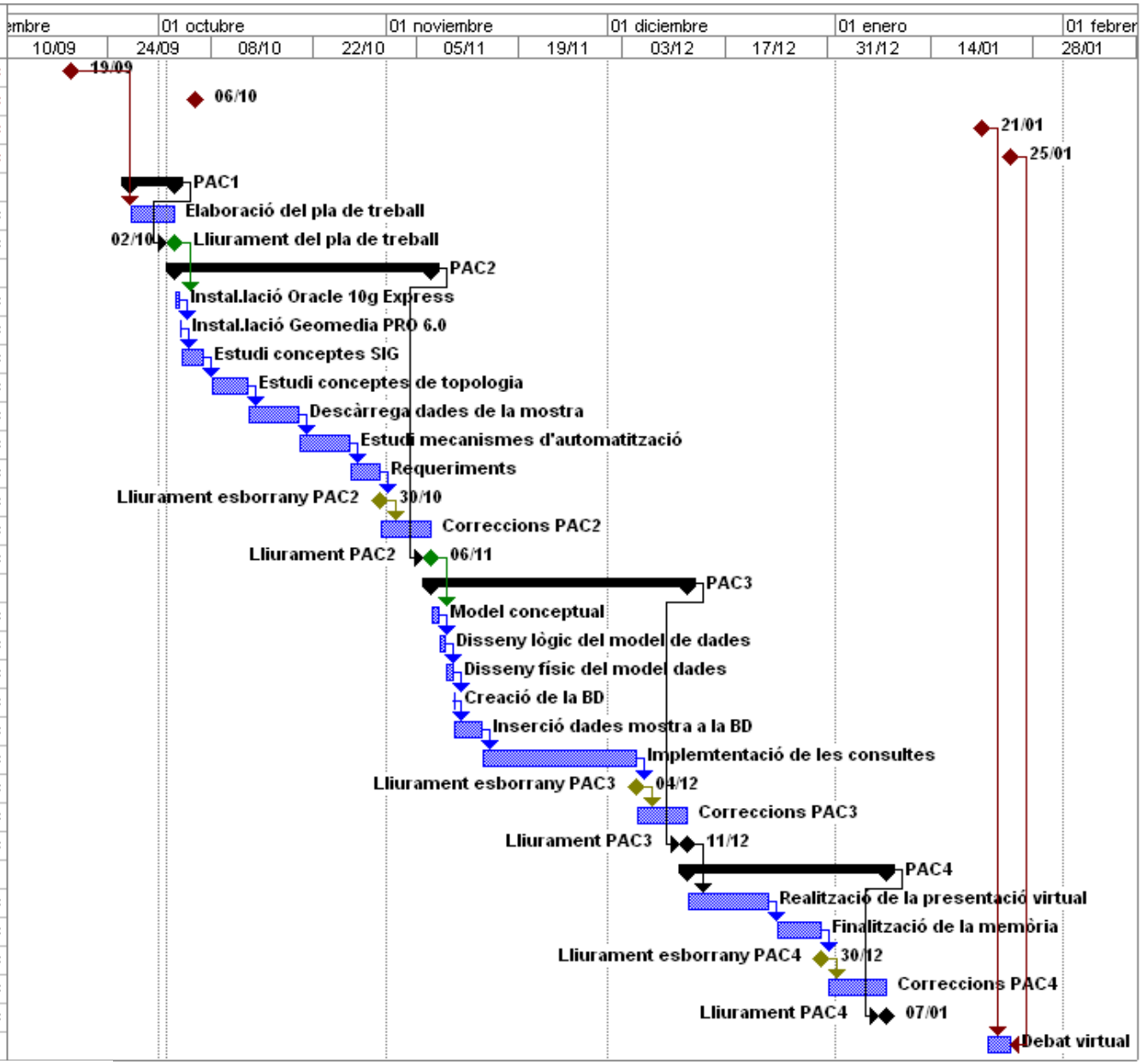


Figura A1. Calendari

1.6 Productes obtinguts

Al finalitzar el projecte, s'obtindran els següents lliurables:

- Arxius de *GeoMedia* (*workspace*, arxius de coordenades i arxiu d'esquema de servidor).
- Llibreries resultants del procés de desenvolupament amb les comandes implementades.
- Arxius utilitzats per a fer el desenvolupament (fonts, arxius de projecte i recursos).
- Contingut de la base de dades d'Oracle (taules, capes SIG i fotografies)
- Breu document amb indicacions d'instal·lació de la base de dades i les comandes.
- Document de la memòria.
- Presentació virtual.

1.7 Descripció de la memòria

La memòria està organitzada en set capítols:

1 **Introducció**. Pla de treball.
2. **Conceptes**. Conceptes relacionats amb la tecnologia SIG que cal conèixer per a entendre la resta de la memòria i fruit del primer bloc d'estudi.
3. **Geomedia**. Conceptes bàsics de *GeoMedia* i les tasques que s'han fet per a carregar les dades de mostra.
4. **Requeriments**. Requeriments del Sistema de software.
5. **Especificació**. Definició del que ha de fer el Sistema, de forma independent de la tecnologia.
6. **Disseny**. Definició que com el Sistema farà el que ha estat descrit tant en els requeriments com en la especificació i ho de forma totalment dependent de la tecnologia.
7 **Conclusions**. Dificultats trobades, millores i valoració final.

Capítol 2
Conceptes

La mayoría de las ideas fundamentales
de la ciencia son esencialmente sencillas
y, por regla general, pueden ser expresadas
en un lenguaje comprensible para todos.

Albert Einstein (1879-1955)

Aquest capítol de la memòria correspon a un dels blocs més importants del projecte: l'estudi dels conceptes associats a la tecnologia dels sistemes d'informació geogràfica. Aquests conceptes formen la columna vertebral del projecte, ja que fan possible l'enteniment de la resta de la memòria i connecten la resta d'activitats. En primer lloc, es defineix el concepte de SIG, la seva arquitectura i les seves aplicacions. A continuació, s'expliquen els conceptes bàsics associats amb la topologia i la cartografia, necessàries per comprendre el funcionament dels SIG. Finalment, es descriuen les dades que els sistemes d'informació fan servir: metadades, atributs i models de dades espacials.

2.1 Sistemes d'Informació Geogràfica

Com ja ha estat apuntat a la introducció, el fil conductor d'aquest projecte és l'estudi dels sistemes d'informació geogràfica. Per tant, en els següents subapartats es dona una aproximació a aquests sistemes. En primer lloc, es defineix el concepte de SIG. A continuació, es descriu la seva arquitectura i es compara amb altres sistemes. Finalment, s'enumeren les seves aplicacions.

2.1.1 Definició

Com passa gairebé sempre a l'hora de definir un concepte, és fàcil trobar tot un ventall de definicions que -tot i sent certes- no coincideixen fil per randa a l'hora de delimitar-lo, ja que ressalten aspectes diferents. Per tant, i sent conscient de la quantitat de definicions que es poden trobar a la

bibliografia i a Internet, centraré aquest treball en el marc de dues definicions àmpliament acceptades i citades, proporcionades per dues autoritats dins d'aquesta àrea: l'USGS i ESRI. Per una banda, l'USGS el defineix com:

> *"Un SIG és un sistema informàtic capaç de capturar, emmagatzemar, analitzar i representar informació referenciada geogràficament, és a dir, dades identificades per la seva ubicació. Els professionals que treballen amb ells, el defineixen incloent també els procediments, el personal i les dades espacials que formen part del sistema."* [1]

Per l'altre, ESRI dona aquesta altra definició al seu diccionari:

> *"Un SIG és una col·lecció integrada de programari i dades per a representar i gestionar informació sobre llocs geogràfics, analitzar relacions espacials i modelar processos espacials. Un SIG proporciona un entorn per a recopilar i organitzar dades espacials i informació relacionada de forma que pugui ser representada i analitzada."* [2]

Conseqüentment, un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG), conegut també en anglès amb el nom de *Geographical Information System (GIS)*, és un conjunt composat de maquinari, programari i procediments per a capturar, emmagatzemar, gestionar, manipular, analitzar i representar dades georeferenciades, amb l'objectiu de resoldre problemes de gestió i planificació.

2.1.2 Arquitectura

L'arquitectura dels sistemes d'informació geogràfica es pot descriure des de dues visions diferents: en funció dels subsistemes o en funció dels components. Per tant, en els següents subapartats es descriu la seva arquitectura des de les dues besants.

2.1.2.1 Subsistemes

Fent un anàlisi a partir de la definició donada a l'apartat anterior es dedueix que un SIG està composat dels següents subsistemes funcionals [3]:

- Subsistema d'entrada de dades.
- Subsistema d'emmagatzemament i recuperació de dades.
- Subsistema de manipulació i anàlisi de dades.
- Subsistema de sortida i visualització de dades.

Subsistema d'entrada de dades. Aquest subsistema es deriva directament de la capacitat de capturar dades que apareix a la definició i permet que un SIG pugui adquirir dades a partir de fonts molt diverses: imatges produïdes per satèl·lits, fotografies, mapes, ortofotomapes, vídeos, arxius amb metadades, informes, mesures topogràfiques, processos de digitalització d'elements representatius, llistes de carrers, informació tabular, etc. És important ressaltar que aquesta capacitat per a capturar dades, i tal i com és pot inferir a partir de la definició, pot ser deguda al maquinari (ordenadors, escàners, dispositius de mesurament), al programari (opcions natives del propi SIG, programes de conversió de formats), a procediments adquirits per

Fig.1 Dispositiu

ampliar les capacitats originals del programari o bé, degut a la implementació de nous procediments fent servir els mecanismes de personalització que el sistema d'informació geogràfica ofereixi (automatització, *scripts*). Com a exemple de maquinari, a la figura 1 es mostra un dispositiu de mesurament de la casa *Surveylab*® que captura dades per a SIG. Brúixola

Subsistema d'emmagatzemament i recuperació de dades. Aquest subsistema es deriva directament de la capacitat d'emmagatzemar i gestionar dades que apareix a la definició i fa possible que un SIG emmagatzemi les dades amb una organització que faci òptima la gestió i recuperació d'aquestes, quan els següents subsistemes hagin de manipular, analitzar o visualitzar les dades. Per tant, es podria pensar que un SIG està composat o fa servir un Sistema Gestor de Bases de Dades (SGBD). Tanmateix, degut a la natura de les dades que emmagatzema i gestiona, aquest és especial ja que ha de gestionar una base de dades singular, coneguda amb el nom de *geodatabase* o base de dades geogràfica.

La base de dades geogràfica d'un SIG és una base de dades estructurada que descriu el món en termes geogràfics i que conté estructures per representar i emmagatzemar [5]:

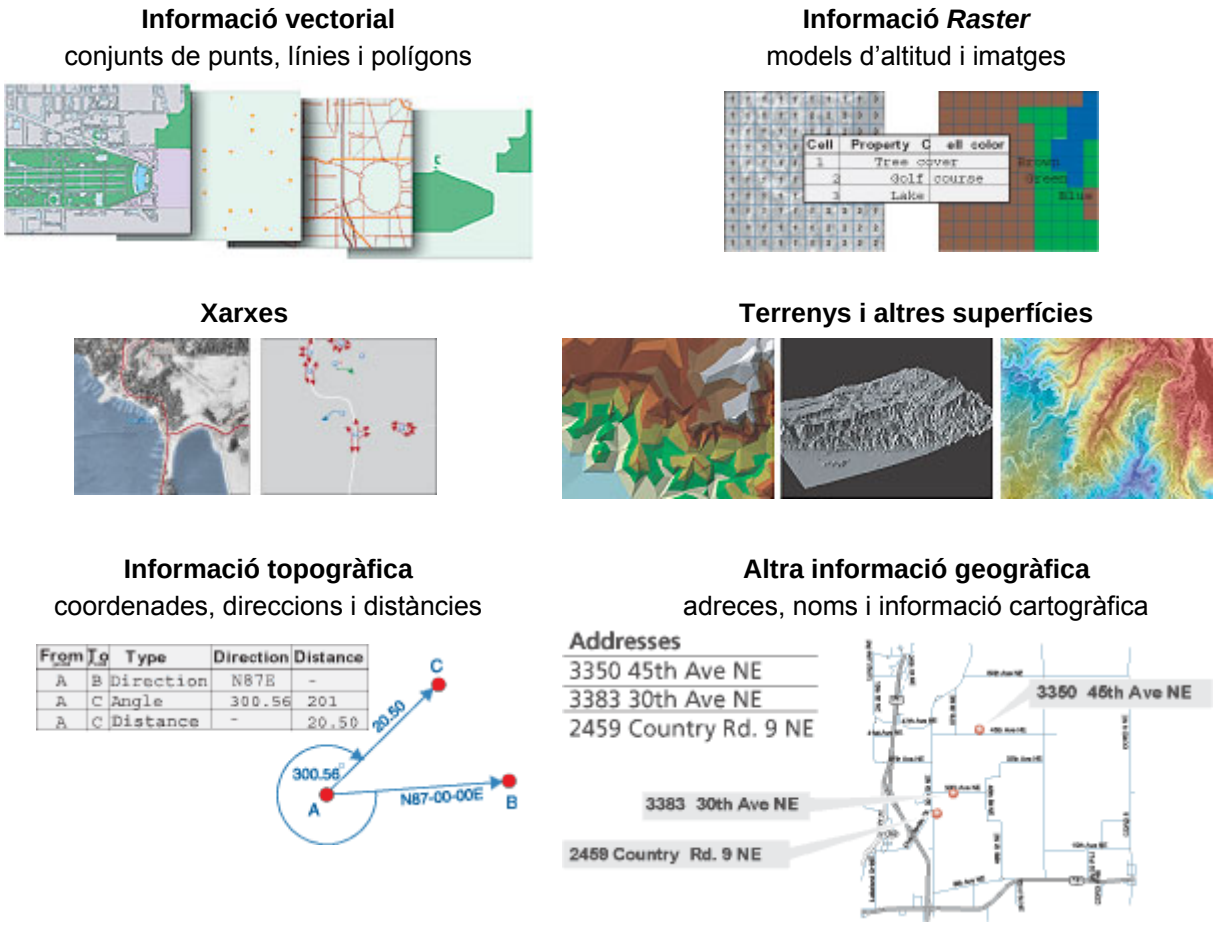


Fig. 2 Elements d'una base de dades

A més d'aquestes estructures, la base de dades geogràfica també emmagatzema atributs que descriuen els objectes geogràfics que conté. Per tant, aquest tipus de BD es caracteritza per barrejar dades espacials amb dades convencionals. Tanmateix, no és aquesta l'única diferencia, ja que també la forma com s'obté i gestiona la informació és basa en consultes espacials. Per aquest motiu, la gran majoria dels fabricants de Sistemes Gestors de Bases de Dades ofereixen ampliacions espacials per tal d'afegir tipus, estructures i comandes SQL que permeten fer consultes geoespacials complexes. En aquest sentit, l'OGC (*Open Geospatial Consortium*) especifica les millores que el llenguatge SQL

hauria de tenir per ser útil dins d'un SIG [6]. En tot cas, és habitual que es faci servir un SGBD estàndard per a emmagatzemar els atributs, mentre que la informació espacial es codifica i gestiona dins d'arxius amb formats propietaris [3].

Subsistema de manipulació i anàlisi de dades. Aquest subsistema es deriva directament de la capacitat de manipular i analitzar dades que apareix a la definició i fa possible que es puguin obtenir noves dades, a partir de l'aplicació de funcions analítiques sobre les dades existents. Així, agafant dades espacials i atributs georeferenciats emmagatzemats al SIG i processant-los, fent servir tant els procediments que formen part del sistema com implementant-ne nous --definint noves regles de negoci utilitzant els mecanismes de personalització que el sistema d'informació geogràfica ofereix--, s'obtenen noves dades espacials i/o nous atributs georeferenciats. Al seu torn, aquesta seqüència es pot tornar a repetir i combinar els resultats de processaments en sèrie i paral·lel, fins a obtenir un model de processament complex conegut amb el nom de geoprocessament [7]:

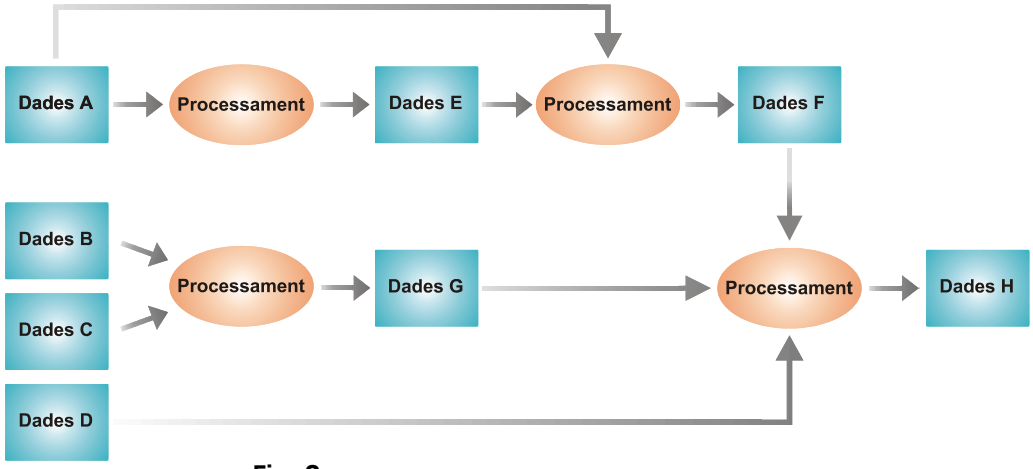


Fig. 3

Aquesta capacitat d'anàlisi i manipulació, mitjançant el geoprocessament, és el cor dels SIG i el que els diferencia d'altres sistemes de informació, com els SGBD o els CAD [3]. A continuació, es mostra un exemple en el que es fa servir el geoprocessament per a trobar un hàbitat apropiat, a partir de dades espacials i atributs georeferenciats:

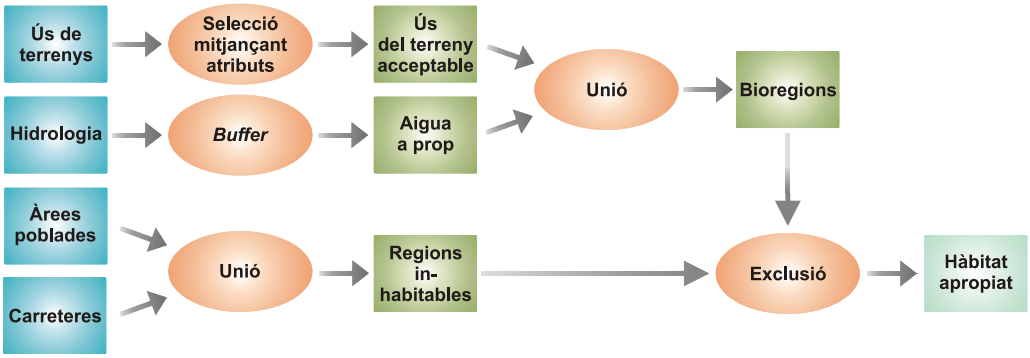
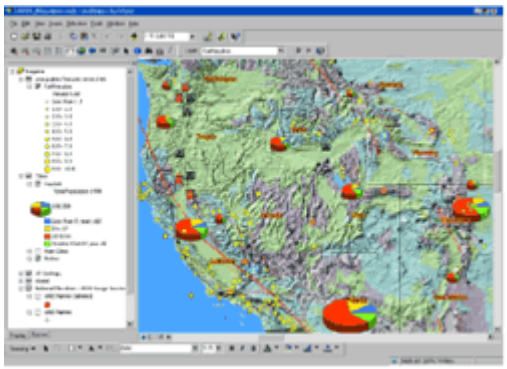


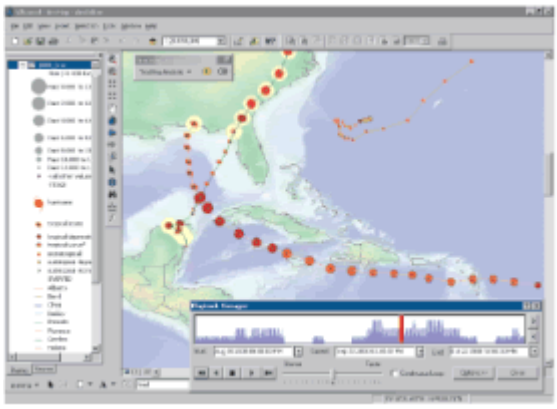
Fig. 4 Exemple de

Subsistema de sortida i visualització de dades. Aquest subsistema es deriva directament de la capacitat de representar dades georeferenciades que apareix a la definició i fa possible que es puguin representar les dades derivades, obtingudes com a resultat d'un procés d'anàlisi espacial. En funció de les dades i el problema, el tipus de representació pot prendre diferents formes: mapes interactius, escenes 3D, gràfics i taules resum, representacions basades en el temps i representacions

esquemàtiques de les relacions d'una xarxa. Tanmateix, la representació més comuna és el mapa interactiu. Els mapes interactius es caracteritzen d'una banda, perquè permeten obtenir més informació dels objectes que els composen i d'altra, perquè es poden fer consultes espacials i processos d'anàlisi sobre la representació. Així, por exemple, dins d'un mapa interactiu on es mostressin les farmàcies dins d'una ciutat, es podria fer una consulta interactiva i trobar-ne les que es trobessin de guàrdia dins d'un radi de 100 m al voltant d'un carrer seleccionat. Això no obstant, aquesta capacitat de representació de mapes que tenen els sistemes d'informació geogràfica és també la responsable que a vegades se'ls consideri erròniament com a sistemes de disseny assistit per ordinador o CAD. [8]

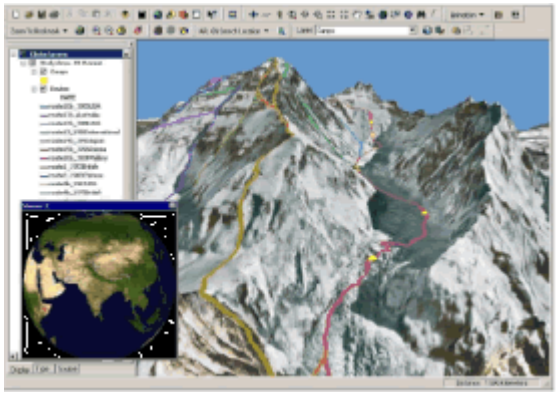


Mapa interactiu



Representació temporal

Representació esquemàtica



Escena 3D

Fig. 5 Tipus de representació

2.1.2.2 Components

A més de la visió en subsistemes d'un SIG, donada al llarg de l'apartat anterior, també és habitual descriure'ls donant una visió alternativa de la seva arquitectura en funció dels seus components [9]. Així, els sistemes d'informació geogràfica estan composats dels següents elements:

- **Maquinari**. Conjunt d'equips i dispositius que formen la infraestructura sobre la que operen i recolzen els SIG per a dur a terme les seves activitats: recollida, emmagatzemament, anàlisi i visualització de dades. Actualment, degut a la versatilitat i flexibilitat d'aquests sistemes, el maquinari pot estar composat per un ampli ventall d'equips: estacions de treball, servidors

d'Internet, servidors de bases de dades, escàners, tauletes gràfiques (*digitizing tablets*), traçadors (*plotters*), impressores, dispositius de mesurament, organitzadors personals (PDA), etc.

- **Programari**. Conjunt de programes i eines que implementen les funcionalitats dels SIG. Normalment, les funcionalitats bàsiques i inherents d'aquests sistemes formen part del programari bàsic i cal adquirir nous components i extensions, per tal de especialitzar el seu ús i resoldre problemes molt específics. Així mateix, els SIG ofereixen mecanismes de personalització per ampliar la seva funcionalitat, quan no es possible trobar components ni extensions disponibles que satisfacin els requeriments funcionals.

Fig. 6 Components d'un

- **Dades**. Conjunt de dades georeferenciades que formen la base de dades geogràfica dels SIG i que constitueixen el component més important de l'arquitectura. Segons el seu tipus, les dades poden ser espacials o atributs associats a les dades espacials. Al seu torn, les dades espacials poden tenir un format vectorial o un format de mapa de bits (*raster*). Paral·lelament, i atenent al seu origen, les dades poden ser: propietàries, introduïdes com a part del domini del problema; externes, utilitzant una base de dades ja existent o inferides a partir de dades anteriors, com a resultat d'un procés de manipulació i anàlisi dins del SIG.
- **Procediments**. Pla d'implementació i regles de negoci utilitzades en la aplicació d'un sistema d'informació geogràfica amb l'objectiu d'analitzar i resoldre un problema. Per tant, definició dels objectius del projecte; descripció detallada de les dades; descripció detallada dels processos; descripció detallada de les entrades, sortides i com aquestes es relacionen amb les dades i els processos; descripció detallada dels actors; definició de les interfícies de programari, maquinari i comunicació; etc.
- **Recursos humans**. Conjunt de persones associades a un sistema d'informació geogràfica en qualsevol de les seves accepcions: usuaris finals que fan servir una solució implementada sobre un SIG com a eina de suport a la seva feina diària, analistes i programadors que dissenyen i implementen noves solucions basades en SIG, tècnics encarregats del manteniment de solucions SIG, etc.

2.1.3 Comparativa amb altres sistemes

Com ha estat exposat a l'apartat anterior, els sistemes d'informació geogràfica presenten capacitats que també es poden trobar en altres sistemes. Així, les capacitats que tenen de representació de mapes i de gestió d'una base de dades pot fer que se'ls consideri erròniament com a sistemes de disseny per ordinador o sistemes de gestió de bases de dades, respectivament. Així doncs, en els següent dos subapartats s'estudia aquesta relació.

2.1.3.1 Disseny assistit per ordinador (CAD)

Tot i que tant els sistemes d'informació geogràfica com els sistemes de disseny assistit per ordinador comparteixen la capacitat de crear i emmagatzemar mapes, els diferencia l'objectiu per al qual han estat desenvolupats. Així, mentre els sistemes CAD han estat desenvolupats per al dibuix tècnic i, per tant, tenen una gran capacitat per a crear i representar elements geogràfics en forma de

dibuixos, els SIG has estat desenvolupats per a la gestió de dades i, per tant, tenen un gran facilitat per a gestionar elements geogràfics i els seus atributs dins d'una base de dades. [10]

Com a conseqüència, els sistemes CAD:

- Gestionen dades en la forma d'arxius de dibuix o d'un conjunt d'arxius de dibuix, que tot i que poden formar part d'un mateix mapa i compartir el mateix sistema de coordenades, no tenen connexió física entre ells.
- Poden estar composats de capes, però aquestes només contenen propietats d'entitats, com el color o el tipus de línia.
- Generen com a producte principal un mapa sobre paper.
- No són sistemes d'informació, sinó sistemes gràfics.

En canvi, els SIG:

- Gestionen dades geogràfiques i els atributs associats.
- Separen els conceptes geogràfics en diferent capes.
- Tenen capes amb diferents requeriments de dades i comportament (regles de negoci).
- Són sistemes d'informació.
- Mostren la relació entre diferents conceptes entre capes.
- Gestionen molts tipus de dades, incloent fotografies, vídeos i so.
- són sistemes escalables, quan el número d'usuari creix i, per tant, permeten gestionar grans volums d'informació.
- permeten aplicar operacions espacials sobre grups diferents de conceptes distribuïts en capes diferents.
- permeten realitzar processos d'anàlisi de les dades mitjançat consultes espacials a la base de dades.
- Permeten generar vistes en forma de mapes de les dades emmagatzemades a la base de dades.

Finalment, i insistint en la idea de gestió i anàlisi, *Cowen* [11] apunta que, respecte dels CAD, els SIG són eines de gestió i d'ajuda a la presa de decisions que fan servir dades georeferenciades i que apliquen funcions espacials, en especial la superposició de polígons, per a sintetitzar dades espacials provinents de fonts diverses.

2.1.3.2 Sistema gestor de bases de dades (SGBD)

Tot i que tant els sistemes d'informació geogràfica com els sistemes gestors de bases de disseny emmagatzemen i manipulen dades dins d'una base de dades, els SIG:

- tenen una interfície cartogràfica.
- gestionen una base de dades, anomenada base de dades geogràfica, que descriu el món en termes geogràfics i que conté estructures per representar i emmagatzemar dades espacials.
- permeten fer consultes geoespacials complexes.

2.1.4 Aplicacions

Els sistemes d'informació geogràfica, com a eines d'anàlisi i manipulació de dades georeferenciades, es fan servir àmpliament i tenen aplicació en diversos camps: medi ambient i recursos naturals, cadastre, transport, xarxes d'infraestructures bàsiques, protecció civil, anàlisi de

mercats, planificació urbana, etc. Tanmateix, les qüestions a les que un SIG pot respondre, es poden resumir en sis [12]:

1) **Localització** (què hi ha en). Obtenció d'informació del que hi ha en un lloc determinat, apuntant l'àrea de la pantalla amb el cursor. Així, per exemple, es podria determinar la quantitat de població escolar que hi ha en un districte o visualitzar la imatge d'una casa associada a símbols que representen cases en venda.

2) **Condició** (on succeeix que). A partir d'unes condicions prèviament especificades, indicació d'on es compleixen o no aquestes condicions. Així, per exemple, el sistema podria indicar on es poden trobar farmàcies de guàrdia, durant unes dates especificades, situades a menys de 2 km de d'una determinada localització i que tinguin connexió amb un determinat mitjà de transport públic.

3) **Tendències** (què ha canviat). Comparació entre situacions temporals distintes i, opcionalment, sota unes determinades condicions. Així, per exemple, es podria trobar quina extensió de zona forestal hi ha en un radi de 200 km al voltant d'un punt determinat, en una data donada i vint anys després. Per tant, aquest tipus de qüestions impliquen treballar amb diferents mapes de la mateixa zona en diferents dates.

4) **Rutes** (quin és el camí òptim). Càlcul del camí òptim (el més curt, el més barat o el més ràpid) entre dos punts d'una xarxa. Així, per exemple, es podria trobar el camí més ràpid des del lloc on s'ha produït un accident fins a l'hospital més proper, prenent en consideració l'estat del trànsit i les obres que afecten a les vies.

5) **Pautes** (què pautes existeixen). Detecció de regularitats i patrons espacials. Així, per exemple, es podria detectar els patrons de distribució espacial que presenten els casos de càncer al voltant d'una central nuclear en la que s'ha produït un accident.

6) **Models** (què passaria si). Generació de models per tal de simular l'efecte que certs fenòmens o actuacions produirien al món real. Així, per exemple, es podria trobar què succeiria si es construís un nou tram d'autopista entre dues poblacions o si el nivell del mar pugés dos metres.

2.2 Topologia

Actualment, no es pot entendre la capacitat d'anàlisi espacial dels sistemes d'informació geogràfica sense l'ús de la topologia. Per tant, en els següents subapartats es tracta aquesta relació. En primer lloc, es dona una definició de topologia, així com dels conceptes associats. A continuació, s'explica el model topològic i, finalment, s'enumeren els avantatges i inconvenients que té la seva utilització.

2.2.1 Definició

En el context dels SIG, la topologia fa referència a les propietats de les formes geomètriques que romanen invariables quan aquestes formes són sotmeses a canvis morfològics d'escala o projecció. Entre les propietats topològiques més importants hi ha la connectivitat, l'adjacència, l'ordre, la inclusió, la proximitat, la pertinença i la intersecció. Així doncs, els sistemes d'informació geogràfica fan servir la topologia per descriure, emmagatzemar i analitzar les relacions espacials que hi ha entre els diferents elements geogràfics expressats de forma geomètrica amb l'ús de punts, línies i polígons. [13]

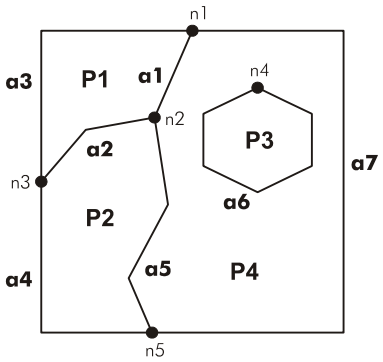
- Connectivitat: un element té, al menys, un arc connectat amb un node d'un altre.
- Adjacència: un element té, al menys, un arc en comú amb un altre.
- Ordre: posició d'un element respecte d'un altre.
- Inclusió: un element conté a un altre.
- Proximitat: un element es troba a certa distancia d'un altre.
- Pertinença: un element forma part d'un altre.
- Intersecció: un element es solapa amb un altre.

2.2.2 Model

A diferencia de la geometria, el model topològic només descriu les formes geomètriques en termes de relació de nodes, arcs i polígons:

- **Node**: punt en el que es troben dos o més línies. Es diferencia dels vèrtexs, en que aquests últims es fan servir per al traçat de les línees. Així, a la figura 7 es pot veure com l'arc a5 està composat per quatre vèrtexs que defineixen el seu traçat, però només està associat a dos nodes.
- **Arc**: conjunt de segments entre dos nodes, conegut també amb el nom de polilínia, on cada segment és una línia –normalment recta– entre cada dos vèrtexs. Així, a la figura 7 es pot veure com l'arc a5 està composat per tres segments.
- **Polígon**: superfície tancada per arcs. A vegades, i tal i com es pot veure en el cas del polígon P3 de la figura 7, un polígon pot estar composat d'un sol arc.

Així, si s'hagués de representar geomètricament els polígons que apareixen a la figura 7, s'hauria de donar les coordenades de cadascun dels vèrtexs que els formen i s'obtindria una col·lecció d'elements, més o menys desordenada i sense connexió entre ells, coneguda amb el nom de model "*spaghetti*". Tanmateix, i com es pot veure a la mateixa figura, la representació del model topològic només considera els nodes –en lloc de tots els vèrtexs–, els arcs, els polígons i com tots aquests elements geomètrics estan relacionats, sense prendre en consideració les coordenades ni les seves formes geomètriques.



Topologia de nodes

Node	Arcs
n1	a1, a3, a7
n2	a1, a2, a5
n3	a3, a2, a4
n4	a6
n5	a4, a5, a7

Topologia de polígons

Polígon	Arcs
P1	a1, a2, a3
P2	a2, a4, a5
P3	a6
P4	a1, a5, a7

Topologia d'arcs

Arc	Polígon esquerra	Polígon dreta	Node inicial	Node final
a1	P1	P4	n2	n1
a2	P1	P2	n3	n2
a3	P1		n1	n3
a4		P2	n5	n3
a5	P4	P2	n2	n5
a6	P4	P3	n4	n4
a7	P4		n1	n5

Fig. 7 Model

La representació topològica dels polígons es fa mitjançant tres vistes: topologia de nodes, topologia d'arcs i topologia de polígons. Per una banda, la topologia de nodes descriu la relació d'arcs que estan connectats a cada node i està directament relacionada amb la propietat de connectivitat. Per

altra banda, la topologia d'arcs dona els polígons que es troben a esquerra i dreta de cada arc i està directament relacionada amb la propietat d'adjacència. Per últim, la topologia de polígons enumera els arcs que formen cada polígon i esta directament relacionada amb la propietat d'inclusió. A parir d'aquesta representació de les dades es poden deduir altres propietats topològiques com la proximitat, la pertinença, l'ordre i la intersecció.

Les propietats topològiques representades en aquest model fan possible que, en la actualitat, molts sistemes d'informació geogràfica permetin realitzar tasques d'anàlisi utilitzant operadors espacials entre els elements geogràfics. Entre els operadors espacials més utilitzats es troben:

- Es toquen
- Es troben a un distancia de
- Conté
- Estan continguts en
- Contenen totalment
- Es solapen
- S'uneixen
- Son espacialment iguals
- No es toquen
- No es troben a una distancia de
- No conté
- No estan continguts en
- No contenen totalment
- No es solapen
- No s'uneixen
- No són espacialment iguals

2.2.3 Avantatges

L'ús d'un model topològic per a representar les relacions espacials entre els elements geogràfics té, entre d'altres, els següents avantatges: [14]

- Reducció ó eliminació de dades espacials redundants. Així, per exemple, en el cas de polígons adjacents no cal tornar de definir per cada polígon els punts que formen part dels costats que tenen en comú, com passaria en la representació amb un model "*spaghetti*".

- Definició i compliment de regles d'integritat de dades. Així, per exemple, que no hi hagin espais buits entre parcel·les adjacents, que no hi hagi encavalcament entre parcel·les adjacents, que els extrems dels trams d'una carretera es trobin connectats a altres trams fent servir els seus punts centrals, etc.

- Consulta de relacions espacials entre elements i navegació. Així, per exemple, capacitat per trobar elements adjacents o connectats, navegació a través d'una sèrie d'arcs connectats, etc.

- Acceleració de la geometria computacional. Els càlculs geomètrics com la inclusió, l'adjacència, la pertinença i la navegació de xarxes a partir de les coordenades dels punts són computacionalment costosos. Per això, l'ús de les estructures combinacionals del model topològic permet passar dels algorismes geomètrics als combinacionals i, per tant, fer eficient les consultes de relacions espacials i la navegació. [15]

2.2.4 Inconvenients

L'ús d'un model topològic per a representar les relacions espacials entre els elements geogràfics té, bàsicament, un gran inconvenient: el gran volum d'informació estàtica associada als elements espacials. Per tant, cada cop que es fa una modificació d'un element –modificant nodes, arcs o polígons– cal tornar a refer el model topològic, la qual cosa la fa el SIG de forma automàtica. Tanmateix, si el volum d'elements geogràfics és elevat, el procés de regeneració pot requerir molt de temps i, per tant, fer que el procés d'edició d'elements sigui lent.

2.3 Cartografia

En els següents subapartats es presenten les nocions bàsiques associades amb la cartografia. En primer lloc, es defineix el concepte de cartografia i escala. A continuació, s'explica la forma de la Terra i s'analitzen els sistemes de projecció. Finalment, es tracten els sistemes de referència i els sistemes de coordenades.

2.3.1 Definició

El Dr. *Douglas*, del departament de geografia de la universitat de *Waterloo* (Canada), defineix la cartografia com l'art, ciència i tecnologia de traçar i utilitzar mapes [16]. Així mateix, i des del punt de vista de la cartografia, El Gran Diccionari de la Llengua Catalana defineix mapa com la *"Representació gràfica plana de la superfície de la Terra, o d'una porció d'aquesta, segons una escala i una projecció donades"* [17]. Per tant, la cartografia comprèn [18]:

1) **La recollida, organització i tractament de dades**. Les dades es recullen de fonts molt diverses: mapes existents, fotografies aèries, documents (com el que descriu els límits d'un terreny), documents històrics, mesuraments, etc. A continuació, s'organitzen per tal de poder entendre el fenomen que es vol representar i, finalment, es fa un tractament de les dades per tal d'obtenir la informació que es representarà al mapa. Normalment, aquest tractament implica afegir-les a conjunts d'unitats espacials (municipis, països, etc.), així com calcular percentatges, densitats o qualsevol altra mesura de resum a partir de les dades no tractades.

2) **El disseny de mapes**. El disseny implica la selecció dels elements geogràfics i atributs temàtics que es volen representar; l'elecció de un sistema de projecció que minimitzi la distorsió de les propietats geomètriques de la zona que es mostra al mapa; determinació del nivell de detall i tria de l'escala adequada al nivell de detall; especificació dels símbols, colors i tipografies que ajudin a transmetre la informació que es vol comunicar; confecció de les llegendes i especificacions tècniques, etc.

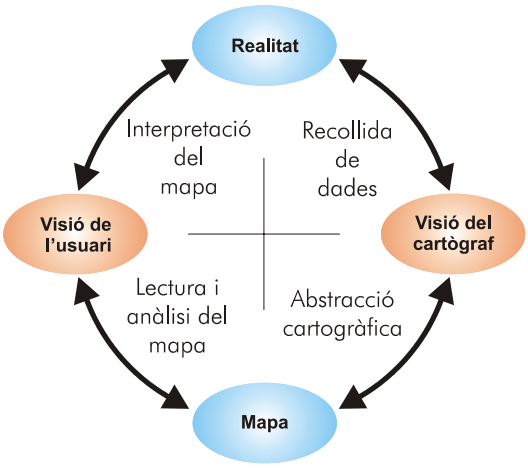


Fig. 8 Model de comunicació

3) **La lectura, anàlisi i interpretació de mapes**. L'establiment d'unes regles i convencions per a la representació cartogràfica de la informació per tal de garantir la lectura, anàlisi i interpretació dels mapes. Per una banda, el concepte de lectura implica entendre la informació que el mapa mostra i com ho fa. Per una altra, el concepte d'anàlisi implica la identificació de patrons espacials interessants, com àrees de concentració de cert fenomen, mitjançat l'anàlisi visual o fent servir tècniques estadístiques. Finalment, la interpretació implica entendre les raons que expliquen els patrons espacials representats al mapa, mitjançant el creuament amb noves dades provinents d'un coneixement propi de la realitat.

Tots aquests processos es troben relacionats al model de comunicació cartogràfic que es mostra a la figura 8. [18]

2.3.2 Escala

Una de les dificultats que té la cartografia a l'hora de representar la Terra, o l'àrea corresponent a una part d'ella, en un mapa és que no es pot fer en la seva magnitud, ja que les seves dimensions

superen amb escreix las del suport. Per tant, es fa ús del concepte d'escala i es representa amb una dimensió reduïda.

La escala d'un mapa és la raó de semblança entre la superfície real terrestre i la representació cartogràfica [19]:

$$\frac{1}{N} = \frac{D_m}{D_r}$$

On:

1 : és la unitat del mapa, normalment 1 cm.
N : és el número d'unitats de la superfície real terrestre representades per la unitat del mapa.
D_m : és la distància gràfica entre dos punts del mapa.
D_r : és la distància real entre dos punts de la superfície terrestre.

L'escala es pot representar de forma numèrica i de forma gràfica o lineal.

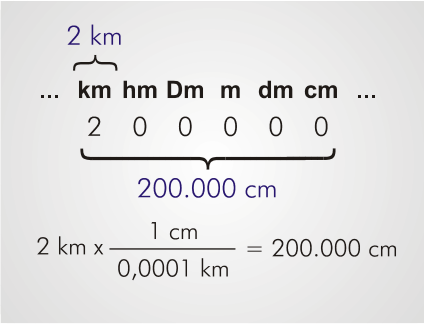
2.3.2.1 Representació numèrica

La raó que representa l'escala es pot representar numèricament de les següents formes [20]:

$$1 / N \qquad \frac{1}{N} \qquad 1 : N$$

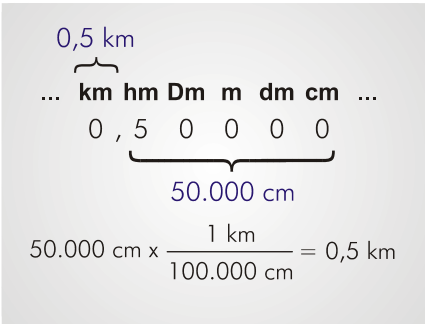
Això no obstant, l'última és la més habitual. Així, per exemple, si 1 cm en el mapa representés 2 km a la superfície terrestre, la representació numèrica de l'escala seria:

1:200 000



De manera semblant, si la representació numèrica de l'escala d'un mapa fos de 1:50 000, la superfície terrestre que representaria 1 cm en el mapa seria de:

0,5 km



2.3.2.2 Representació gràfica o lineal

La representació gràfica o lineal de l'escala consisteix en una línia recta dividida en segments de la mateixa llargària que corresponen a les unitats de longitud que sobre el mapa representen les unitats de longitud de la superfície terrestre. La escala gràfica consta de dues parts: la part a l'esquerra del zero, coneguda amb el nom de taló, i la part a la dreta del zero. Mentre el taló conté subdivisions de la unitat de longitud utilitzada, la part a la dreta del zero conté la correspondència directa entre les unitats utilitzades i les de la superfície terrestre. En tot cas, aquesta correspondència s'indica amb una quantitat numèrica a sobre de cada segment. [20]

Així, per exemple, a continuació es mostra la representació gràfica corresponent a una escala 1:50 000, on cada unitat del mapa (cm) representa 0,5 Km a la superfície terrestre, que fa servir segments de 4 cm de longitud:

Fig. 9 Representació gràfica de

2.3.2.3 Categories i utilització

Degut a que l'escala és una raó i a que les unitats de la superfície terrestres representades per les del mapa es troben en el denominador, l'escala és inversament proporcional a aquest valor i, per tant, quan més petita és aquesta quantitat més gran és l'escala i viceversa. Així, per exemple, una escala 1:5 000 és més gran que una escala 1:25 000. En funció de la grandària de l'escala, l'*Associació Cartogràfica Internacional* (*ICA-ACI*) estableix les següents categories [20] :

- Escales grans: 1:2 000, 1:5 000, 1:10 000, 1:20 000, 1:25 000.
- Escales mitjanes: 1:50 000, 1:75 000, 1:100 000, 1:125 000, 1:200 000.
- Escales petites: 1:250 000, 1:500 000, 1:1 000 000, 1:2 500 000.
- Escales molt petites: escales menors de 1:2 500 000.

De manera semblant, en funció de la grandària de l'escala es poden establir les següents aplicacions:

- Guia de carrers: entre 1:5 000 i 1:20 000.
- Comarques i municipis: entre 1:20 000 i 1:50 000.
- Regions i carreteres: entre 1:50 000 i 1:200 000.
- Països i les seves divisions: entre 1:200 000 i 1:1 000 000.
- Continents i el món: escales menors de 1:1 000 000.

Finalment, i com es pot veure a l'apartat 2.3.4, els mapes que fan servir escales molt petites no mantenen l'equivalència de l'escala en tot el mapa, degut a les deformacions produïdes per les projeccions. Així mateix, els mapes que fan servir escales molt grans poden prescindir de les projeccions cartogràfiques, ja que no els cal considerar l'esfericitat de la terra.

2.3.3 Forma de la Terra

Una altra dificultat que té la cartografia, afegida a l'apuntada a l'apartat anterior, a l'hora de representar la Terra, o l'àrea corresponent a una part d'ella, en un mapa és que la Terra no és plana, però en canvi sí que ho és el suport de representació cartogràfic. Tanmateix, abans de conèixer els mecanismes que la cartografia fa servir per a resoldre aquest problema, cal descriure els models que es fan servir per a representar la forma de la Terra.

La visió d'una Terra rodona és la més comuna de totes i la que resulta més pràctica a l'hora de representar-la de forma aproximada. De fet, la noció d'una Terra esfèrica no és nova, ja que data de l'època dels antics grecs. La idea s'atribueix a Pitàgores (segle VI a. C.) i va ser defensada per Plató i Aristòtil, però no va ser fins al segle III a. C. que Eratostenes va fer el primer mesurament de la seva esfericitat [21]. Aquesta concepció va continuar, fins que al segle XVII Isaac Newton va publicar el llibre *"Philosophiae naturalis principia mathematica"* [22], on va apuntar que degut a l'efecte de la força centrífuga, la Terra havia de ser un el·lipsoide de revolució aplatat pels pols de l'eix de rotació.

Actualment, però, és conegut que la Terra és irregular i molt complexa. La seva forma està condicionada per molts factors: la força gravitatòria, la força centrifuga, la pressió de la radiació solar, la seva composició viscosa, etc. Aquests factors fan que la forma de la Terra no sigui estàtica, sinó que varií amb el temps de forma dinàmica. Per tant, cal una representació simplificada de la seva forma per tal de poder treballar amb ella, és a dir, un model. Avui en dia, es treballa amb dos models de la Terra: l'el·lipsoide i el geoide.

2.3.3.1 L'El·lipsoide

L'el·lipsoide és una figura geomètrica que es fa servir com a model per a representar la forma de la Terra, sense considerar les ondulacions pròpies de la seva topografia, i que s'obté com a resultat de rotar una el·lipse sobre el seu semieix menor. La forma de l'El·lipsoide ve determinada pels següents paràmetres:

- **Semieix major o equatorial (a)**. Longitud del semieix que va des del centre de masses de la Terra fins a la superfície terrestre.

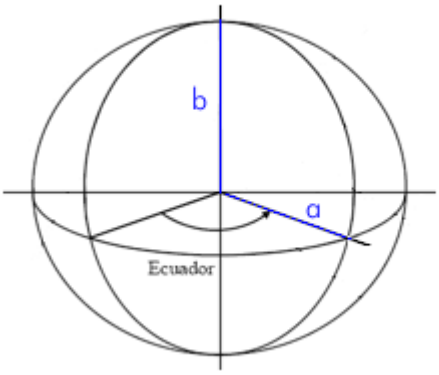
- **Semieix menor o polar (b)**. Longitud del semieix que va des del centre de masses de la Terra fins a un dels pols.

- **Factor d'aplatament (f)**. Indica el nivell de semblança respecte a una esfera. Així, quan més s'acosti el seu valor a zero, més semblant a una esfera és l'el·lipsoide. El factor d'aplatament es defineix com:

$$f = 1 - \frac{b}{a}$$

  Com el seu valor és molt petit, habitualment es fa servir 1/f. Una altra forma equivalent d'expressar aquest factor és mitjançant l'excentricitat de l'el·lipse transversal:

$$e = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{a}$$



$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$$

Fig. 10 El·lipsoide i la seva equació

Existeixen diferents models d'el·lipsoides, per tal de millorar la seva aproximació a la forma de la Terra en certes zones d'aquesta, anomenats el·lipsoides de referència. La diferència entre ells són els valors que prenen els seus paràmetres. A continuació, s'enumeren els el·lipsoides de referència més utilitzats juntament amb els seus paràmetres [23]:

Nom	a	b	1/f
Australian National	6378160,0	6356774,719	298,25
Bessel 1841	6377397,155	6356078,963	299,152813
Clarke 1866	6378206,4	6356583,8	294,978698
Clarke 1880	6378249,145	6356514,87	293,465
Everest 1956	6377301,243	6356100,228	300,8017
Fischer 1968	6378150,0	6356768,337	298,3
GRS 1980	6378137,0	6356752,314	298,257222
International 1924 (Hayford)	6378388,0	6356911,946	297,0
SGS 85	6378136,0	6356751,302	298,257
South American 1969	6378160,0	6356774,719	298,25
WGS 72	6378135,0	6356750,52	298,26
WGS 84	6378137,0	6356752,314	298,257224

La simplicitat i homogeneïtat de l'el·lipsoide, degut a que és una figura geomètrica, el fan fàcil de modelar matemàticament i, per tant, es fa servir per a calcular coordenades geogràfiques.

2.3.3.2 El Geoide

El Geoide és un model per a representar la forma de la Terra que consisteix en la superfície equipotencial del camp gravitatori de la Terra que millor s'ajusta, en el sentit de mínims quadrats, al nivell mitjà global del mar [24]. Per tant, és la superfície que resulta d'unir tots els punts sotmesos a la mateixa força de gravetat i, en conseqüència, el Geoide es sempre perpendicular al vector de gravetat local a cada punt. Tanmateix, aquesta forma no és exacta perquè no pren en consideració l'efecte de les marees, les variacions de salinitat, les condicions meteorològiques adverses (forts vents), els canvis de temperatura de l'aigua, les interaccions de tot el sistema solar, etc. A més, el fet que la superfície resultant no sigui visible, ja que es troba sota els mars i els continents, fa que mesurar el Geoide a nivell mundial no sigui una tasca fàcil.

A diferencia d'el·lipsoide, aquest model no presenta una superfície homogènia i simple, ja que pren en consideració les anomalies gravimètriques. Així, l'escorça terrestre no és homogènia i, per tant, la

seva densitat tampoc és uniforme, la qual cosa altera la força de gravetat en certs punts. A més, grans masses de roca –com serralades, muntanyes i volcans– i certs tipus de materials també poden canviar el vector de gravetat. Com a resultat, el Geoide és una superfície irregular amb protuberàncies i depressions, la qual cosa el fa difícil de modelar matemàticament per a calcular projeccions. A la figura 11 es pot veure una representació del Geoide respecte de la superfície terrestre, així com una imatge exagerada del Geoide d'Europa i Àfrica, segons la missió GRACE de la NASA. Finalment, la figura 12 compara les formes del Geoide i l'el·lipsoide en una determinada zona.

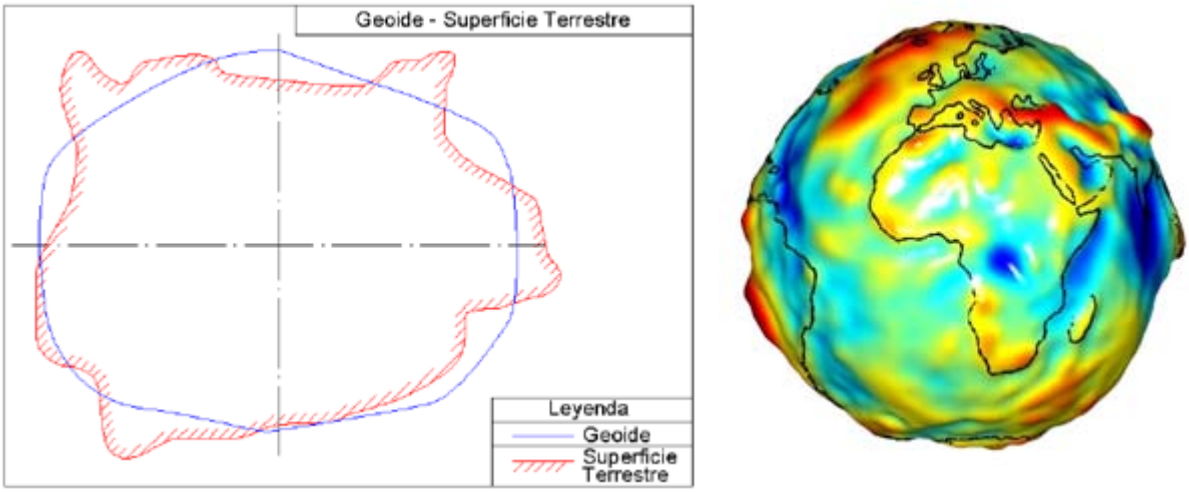


Fig. 11 Geoide respecte de la superfície

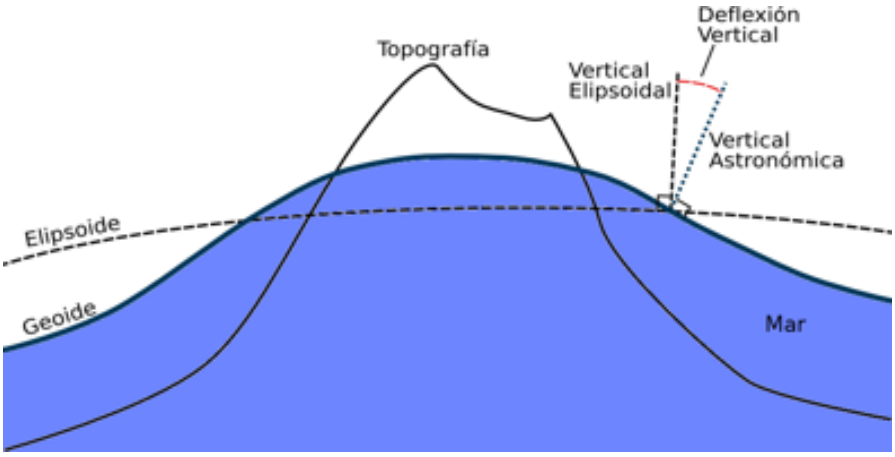


Fig. 12 Geoide respecte de l'el·lipsoide en un

2.3.4 Projeccions

Com ja ha estat exposat a l'apartat anterior, el fet que la forma de la Terra no sigui plana suposa un problema per a la cartografia a l'hora de representar-la en un mapa, ja que el suport cartogràfic sí que és pla. Per tal de solucionar aquest problema, la cartografia fa ús de les projeccions. Una projecció cartogràfica és una transformació que permet representar la superfície esfèrica de la Terra en un suport pla, com és un mapa. Per a aconseguir-ho, la projecció estableix una correspondència biunívoca entre les coordenades geogràfiques de la superfície terrestre (longitud,latitud) (veure apartat 2.3.6) i les coordenades cartesianes (x,y) del mapa. Per tant, tota projecció cartogràfica pot ser expressada en forma d'un sistema d'equacions de conversió de coordenades. [25]

2.3.4.1 Distorsions

La geometria esfèrica de la Terra no pot ser representada en una pla sense introduir distorsions i, per tant, totes les projeccions introdueixen distorsions en angles, superfícies i distàncies. A més, quant més àmplia és la zona a representar, més pronunciades són aquestes distorsions i viceversa. La retícula terrestre, és a dir, la xarxa de paral·lels i meridians de la superfície terrestre que es vol representar en una mapa té les següents relacions geomètriques [26] :

- Tos els paral·lels són paral·lels.
- La distància entre els paral·lels al llarg dels meridians és constant.
- La distància entre els meridians al llarg dels paral·lels és constant.
- Els meridians són la meitat d'un cercle màxim i convergeixen en els pols.
- Els meridians i paral·lels intersequen en angles rectes.
- Les "cel·les" formades pels mateixos dos paral·lels i que tenen la mateixa dimensió longitudinal tenen la mateixa àrea.
- L'escala d'àrees és uniforme (constant).
- L'escala de distàncies és uniforme (constant).

Aquestes relacions geomètriques només poden ser representades sense distorsions sobre l'esfera i, conseqüentment, totes les projeccions deformen algunes d'aquestes relacions. En funció del seu grau d'exactitud a l'hora de representar aquestes relacions geomètriques, una projecció pot ser:

- **Azimutal**: Si representa correctament relacions angulars seleccionades.
- **Conforme**: Si l'escala és la mateixa al voltant de qualsevol punt. Aquesta propietat implica que els angles també es representen correctament. Per tant, respecta les formes.
- **Equidistant**: Si manté les distancies entre dos punts de l'esfera. Les distàncies entre més de dos punts mai seran correctes.
- **Equivalent**: Si qualsevol part de la superfície en el mapa té la mateixa superfície que en l'esfera.

Encara que no es possible trobar projeccions que compleixin totes aquestes propietats a l'hora, sí que es possible seleccionar projeccions que compleixin algunes de les propietats que més s'ajustin en una aplicació concreta.

2.3.4.2 Classificació

En funció de la forma de la superfície on es fa la projecció, les projeccions poden ser:

- Planes o azimutals
- Cilíndriques
- Còniques

Les projeccions planes es projecten sobre un pla, les cilíndriques sobre un cilindre i les còniques sobre un con. Tanmateix, i encara que els cilindres i els cons no siguin figures planes, al final de cada tipus de projecció s'obté una superfície plana. En tot cas, el tipus de superfície de projecció defineix la forma de la retícula sobre el mapa. Així mateix, la posició de la superfície de projecció –tangent o secant respecte de l'esfera– modifica el model de distorsió en el mapa i, per tant, es pot reorientar la superfície per a obtenir una distorsió mínima dins d'una regió determinada.

2.3.4.2.1 Projeccions azimutals o planes

Totes les projeccions planes són azimutals, és a dir, representen correctament relacions angulars seleccionades. En funció de la posició de la superfície de projecció respecte de l'esfera, l'aspecte pot ser: normal (anomenat també polar), transversal (anomenat també equatorial) o oblic. [27]

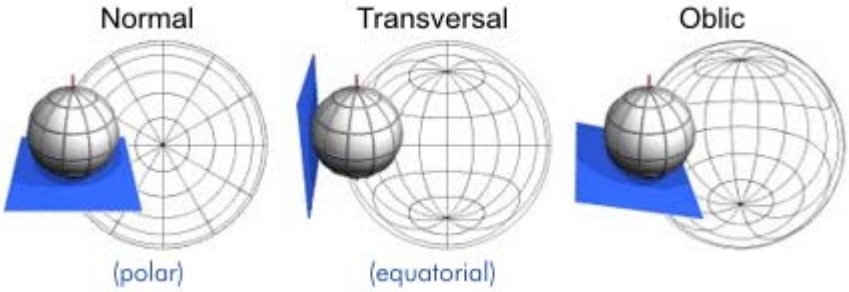


Fig. 13 Aspecte de les projeccions azimutals o

Això no obstant, l'aspecte que es fa servir habitualment en les projeccions planes és el normal o polar, que es caracteritza perquè els meridians es representen amb línies rectes radials i els paral·lels amb cercles concèntrics. En tot cas, la distorsió en el punt de tangència és mínima i aquesta augmenta amb la distancia radial des d'aquest punt. Entre les projeccions planes obtingudes mitjançant un procés de perspectiva n'hi ha:

1) **Projecció plana ortogràfica**. En aquest tipus de projecció, la font de llum es troba a una distància infinita del punt de tangència i, per tant, els raigs de llum són paral·lels entre ells i perpendiculars a la superfície de projecció (figura 15). Normalment, es fa servir per a mostrar relacions espacials, com la Terra en perspectiva vista des de l'espai (figura 14). Tanmateix, no s'utilitza per a representar mapes mundials degut a les fortes distorsions de forma i àrea al voltant dels costats.

Fig. 14 Projecció plana ortogràfica

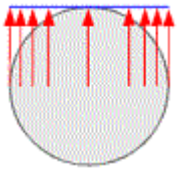


Fig. 15 Raigs de llum en una projecció plana ortogràfica

2) **Projecció plana estereogràfica**. En aquest tipus de projecció, la font de llum es troba en el lloc diametralment oposat al del punt de tangència (figura 16). Així, si el punt de tangència es trobés en el pol nord, la font de llum estaria en el pol sud. Normalment, es fa servir per a mostrar mapes de la regió polar. La projecció es caracteritza perquè és conforme i els cercles a la esfera, amb l'excepció dels grans cercles que passen pels pols, es representen com a cercles o arcs circular i, per tant, és útil per a representar fenòmens radials, com les onades de xoc dels terratrèmols.

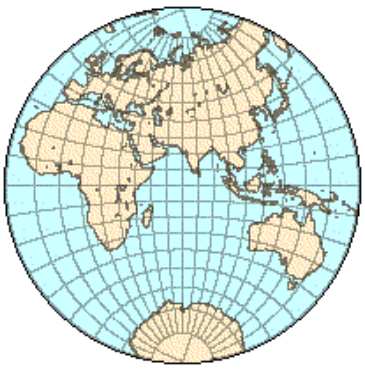


Fig. 17 Projecció plana

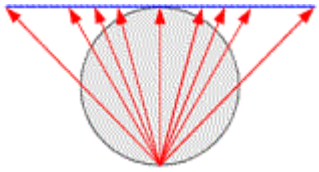


Fig. 16 Raigs de llum en una projecció plana estereogràfica

3) **Projecció plana gnomònica**. En aquest tipus de projecció, la font de llum es troba en el centre de l'esfera (figura 18). Es tracta de la projecció més antiga (600 a. C.) i es caracteritza perquè les distorsions de distàncies són molt pronunciades, excepte molt a prop del punt de tangència. Tanmateix, el fet que els grans cercles es representin mitjançant línies rectes fa que aquesta projecció sigui útil para la navegació i que s'utilitzi, juntament amb la projecció *Mercator*, para la navegació amb brúixola. Així, la projecció permet trobar la ruta més curta entre dos punts, però no la direcció a seguir.

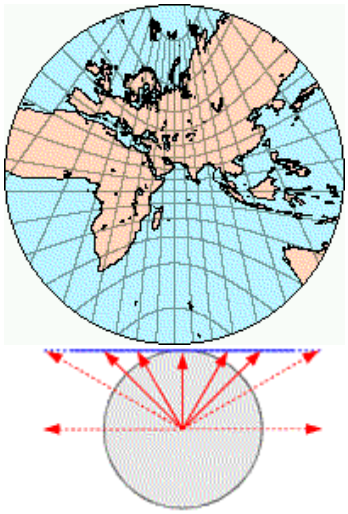


Fig. 18 Projecció plana gnomònica

Entre les projeccions planes obtingudes sense un procés de perspectiva, és a dir, derivades matemàticament, n'hi ha:

1) **Projecció plana equidistant**. A diferència de les projeccions planes en perspectiva, aquesta projecció representa correctament les distàncies. La projecció es pot crear a partir d'un model bàsic de meridians radials i paral·lels concèntrics, modificant l'espai entre els paral·lels de forma que aquest sigui constant al llarg dels meridians. Com a resultat, s'obté una projecció plana que pot representar tota la Terra en un mateix mapa. Com tant les distàncies com els angles són correctament representats sobre el punt de tangència, aquesta projecció resultat útil per a representar rutes des del punt central. Tanmateix, això també implica que si es vol treballar amb algun altre punt, cal fer mapes a mida aplicant la projecció sobre localitzacions especifiques, per tal que les distàncies i angles siguin correctament representats en la nova localització.

Fig. 19 Projecció plana equidistant

2) **Projecció plana equivalent de Lambert**. A diferencia de les projeccions planes en perspectiva, aquesta projecció és equivalent i, per tant, representa correctament les àrees. En un procés similar al seguit amb la projecció anterior, aquesta projecció es pot crear a partir d'un model bàsic de meridians radials i paral·lels concèntrics, modificant l'espai entre els paral·lels de forma que aquest sigui el mateix que en l'esfera. Com a resultat, també s'obté una projecció plana que pot representar tota la Terra en un mateix mapa. Degut a que és fàcil de crear, aquesta projecció se sol representar en tots els aspectes (normal, transversal i oblic).

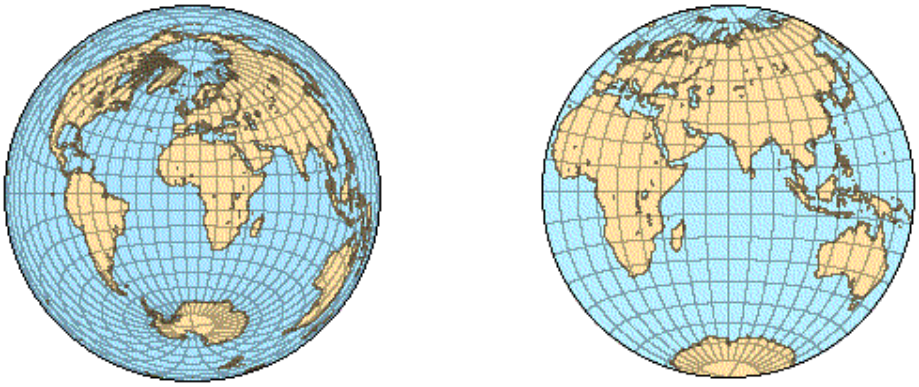


Fig. 20 Projecció plana de Lambert amb diferents aspectes

2.3.4.2.2 Projeccions cilíndriques

Les projeccions cilíndriques s'obtenen circumscrivint un cilindre al voltant de l'esfera terrestre, de forma que sigui tangent al llarg d'un cercle màxim per, finalment, desenvolupar-lo i obtenir una superfície plana rectangular amb l'amplada de la longitud de l'esfera. Com es pot veure a la figura 21, aquestes projeccions poden prendre qualsevol dels tres aspectes, girant el cilindre circumscrit [27]. Això no obstant, l'aspecte que es fa servir habitualment és el normal o equatorial, que es caracteritza per: els meridians i paral·lels intersequen en angles rectes, els meridians són línies rectes de la mateixa longitud, els paral·lels són línies rectes de la mateixa longitud, la distància entre els meridians al llarg dels paral·lels és constant i, finalment, l'equador està a escala (línia de tangència), però la distorsió augmenta amb la distancia cap als pols.

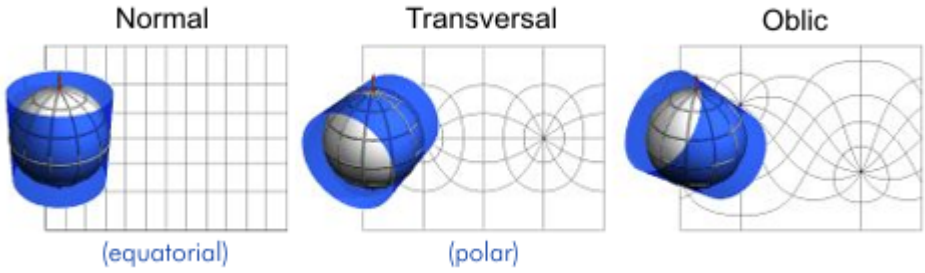


Fig. 21 Aspecte de les projeccions

Bàsicament, la principal diferencia que hi ha entre les diferents projeccions cilíndriques és la distància entre els paral·lels. Novament, entre les projeccions que es poden representar mitjançant un procés de perspectiva, n'hi ha l'ortogràfica, l'estereofònica i la gnomònica. Tanmateix, en la pràctica cap d'elles s'utilitza degut a la distorsió i, tret d'utilitzar ocasionalment la projecció estereogràfica de Gall –que té menys distorsions de distàncies que la gnomònica i menys distorsions de forma que l'ortogràfica–, es prefereix l'ús de projeccions equivalents o conformes. Pel que fa a les projeccions cilíndriques derivades matemàticament, n'hi ha l'equidistant, l'equivalent i la conforme.

Les projeccions cilíndriques equidistants aconsegueixen l'equidistància modificant la distància entre els paral·lels, fent que aquesta sigui constant al llarg dels meridians. El fet que la seva generació sigui trivial, va propiciar que es fessin servir per a la navegació fins l'edat moderna. Una variant anomenada *"Plate Carrée"* fa que la longitud de l'equador tingui una escala real, és a dir, que sigui el doble que la dels meridians i, per tant, crea un mapa rectangular de 2:1. Així, el fet que sigui ràpida i trivial de calcular va fer que es fes servir en el primers ordinadors o en sistemes gràfics actuals de temps reals. Quant a les projeccions equivalents, es caracteritzen per presentar una extrema distorsió de formes en els pols. Són conegudes amb el nom de pseudocilíndriques, perquè no es poden construir variant simplement l'espai antre els paral·lels a partir d'una projecció cilíndrica. Entre les més conegudes hi ha la sinusoïdal, la *Molweide* i l'*Homolosine*.

No obstant això, la projecció cilíndrica més important és la conforme, és a dir, la que no distorsiona les formes. Els seus exponents més coneguts són:

1) **Projecció conforme *Mercator***. Inventada per *Gerardus Mercator* el 1569 com ajuda a la navegació, es caracteritza perquè les línies loxodròmiques, és a dir, les que tallen els meridians amb el mateix angle és representen com a línies rectes i per presentar una distorsió extrema als pols.

2) **Projecció transversal *Mercator***. Es basa en la projecció anterior, però fa servir un aspecte transversal. Consegüentment, els meridians no es representen com a línies rectes, la qual cosa fa que sigui més útil en topologia que per a la navegació. Les equacions del model esfèric de la

projecció van ser presentades per Lambert el 1772 i les del model el·lipsoïdal, van ser presentades per Gauss el 1812.

3) **Projecció transversal universal *Mercator* (UTM)**. Projecció composta que té l'objectiu de representar totes les àrees del món, amb l'excepció dels pols, amb una distorsió mínima en totes les relacions geomètriques. Per a aconseguir això, divideix el món en 60 zones, anomenades fusos, de 6º longitudinals cadascuna i centrades en un meridià diferent. A continuació, aplica una projecció transversal *Mercator* (fent servir el model el·lipsoïdal) per a cada zona, alineant la línia secant del cilindre amb el meridià de cada zona i composa –ajuntant totes les projeccions– una projecció del món retallada pels paral·lels 84ºN i 80ºS, per tal d'excloure les regions polars. Així, per una banda garanteix una distorsió mínima al centre de cada zona, ja que cauen en el centre de la línea secant de cada cilindre, on la distorsió és mínima. Per l'altra, cada punt no caurà més enllà de 3º longitudinals respecte del meridià i, per tant, les distorsions produïdes per la distància des de la línea secant són mínimes. A més, es fa servir una projecció secant, en lloc d'una tangent, per reduir encara més les distorsions. Per tal de confeccionar i referenciar la quadricula UTM:

Fig. 22 Fus 13

- Es numeren les zones de 1 a 60 d'oest a est, començant pel meridià 180º W.
- Es divideix les zones en files paral·leles de 8º latitudinals i s'etiqueten de la C a la X.

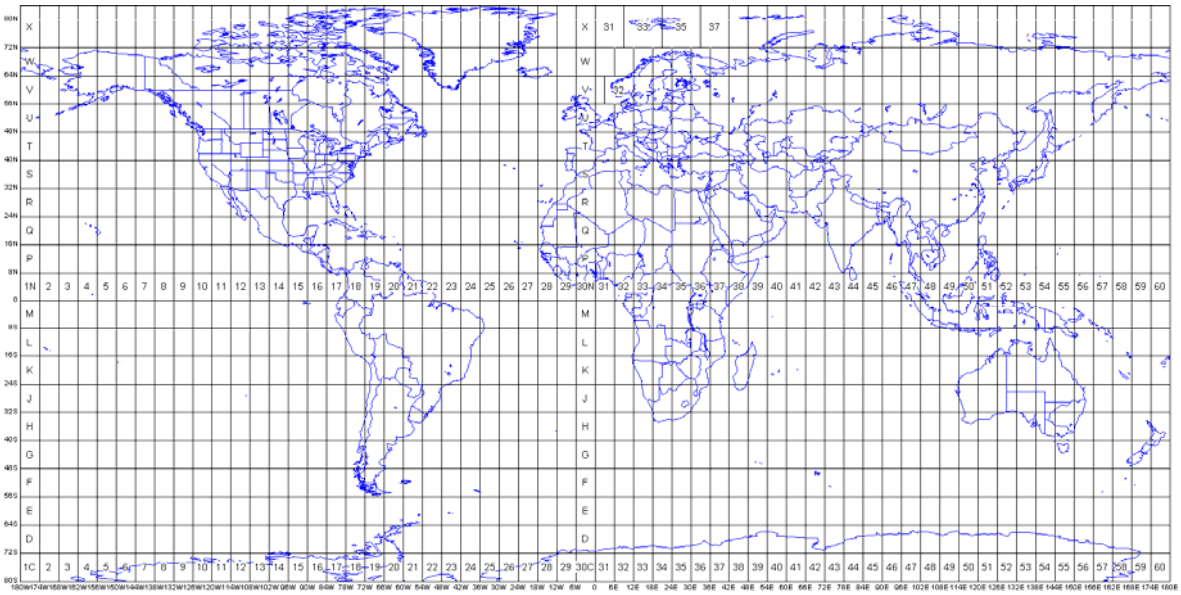


Fig. 23 Quadricula

A la figura 23 es pot veure la quadricula UTM. Així mateix, la figura 22 mostra la zona 13 de la quadricula UTM. La forma com està composta la projecció mostra que va ser creada per confeccionar i treballar amb mapes de gran escala, ja que les fulles corresponents a diferents zones / fusos no es juxtaposen perfectament.

2.3.4.2.3 Projeccions còniques

Les projeccions còniques s'obtenen col·locant un con sobre l'esfera terrestre, de forma que sigui tangent a un paral·lel o secant a dos, per finalment desenvolupar-lo i obtenir una superfície plana amb la forma d'un sector circular. Com es pot veure a la figura 24, aquestes projeccions poden prendre qualsevol dels tres aspectes (normal, transversal i oblic), canviant la posició del con [27]. Això no obstant, l'aspecte que es fa servir habitualment és el normal o polar, que es caracteritza per: els meridians són línies rectes equidistants que convergeixen en la cima del con, els paral·lels són arcs circulars concèntrics, els meridians i paral·lels intersequen en angles rectes i, finalment, les línies estàndards –els paral·lels on el con és tangent o secant– estan a escala i la seva distorsió és mínima, encara que aquesta augmenta amb la distancia des d'elles.

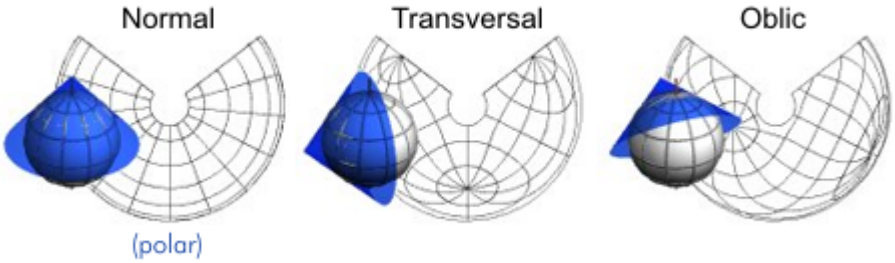


Fig. 24 Aspecte de les projeccions

Les projeccions còniques es troben entre les més antigues i van ser la base dels mapes de *Ptolomeo* (segle II). Tanmateix, en l'actualitat l'ús d'aquestes projeccions –degut a les seves distorsions– ha quedat relegat a mapes regionals o nacionals d'àrees limitades per meridians poc distants, com les de Rússia o dels Estats Units. Novament, entre les projeccions còniques que es poden representar mitjançant un procés de perspectiva, n'hi ha l'ortogràfica, l'estereogràfica i la gnomònica. Així i tot, molt poques projeccions còniques s'obtenen com a resultat d'un procés de perspectiva geomètrica, sinó de derivació matemàtica. Entre aquestes, hi ha la projecció estereogràfica de *Braun* i les policòniques (figura 26), utilitzades per l'USCGS (*U.S. Coast & Geodetic Survey*). En canvi, entre les projeccions còniques derivades matemàticament hi ha l'equidistant, l'equivalent i la conforme.

Quant a les projeccions còniques equidistants, dos paradigmes són la projecció simple i la de *l'Isles*. La primera fa servir una única línia estàndard i, per tant, és tangencial. En canvi, la segona fa servir dues línees estàndard i, conseqüentment, esdevé la versió secant de la simple. Pel que fa a les equivalents, les més conegudes són les d'*Albert* i la de *Bonne*. Ambdues aconsegueixen l'equivalència modificant l'espai entre els paral·lels per a mantenir una escala d'àrea constant, però mentre la d'*Albert* és completament cònica, la de *Bonne* és pseudocònica. Finalment, i anàlogament a la projecció cilíndrica *Mercator*, hi ha la projecció cònica conforme de Lambert (figura 25). Al ser conforme, l'escala és constant, però mentre les àrees petites són mostrades amb poca distorsió de formes, les més grans presenten una gran distorsió de formes. Hi han versions de la projecció que treballen amb una o dues línees estàndards, encara que habitualment es fa servir la segona perquè distribueix millor la distorsió

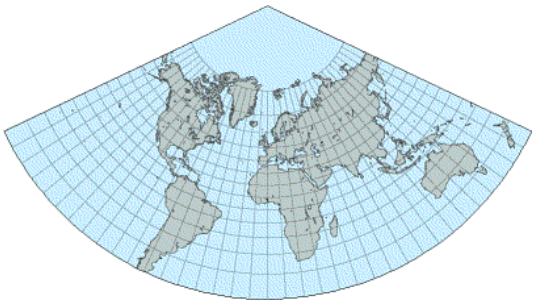


Fig. 25 Projecció conforme de Lambert

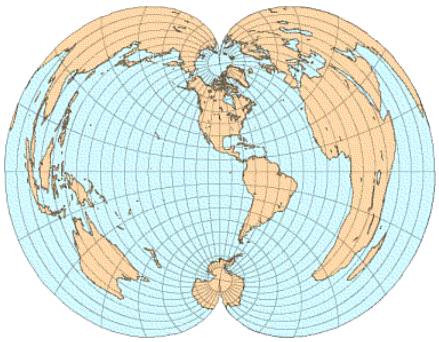


Fig. 26 Projecció policònica

entre tota la projecció. Aquesta projecció es fa servir sovint per a representar mapes de Canada i Ontario.

2.3.5 Sistemes de referència

Coneguts també amb el nom de DATUM, els sistemes de referència consisteixen en un conjunt de paràmetres de referència que relacionen el punt d'origen de l'el·lipsoide i del geoide amb la seva localització geogràfica, així com la direcció del sistema. Els paràmetres que formen els sistemes de referència són:

- L'el·lipsoide de referència utilitzat.
- Les coordenades geogràfiques (latitud i longitud) d'un punt escollit, anomenat "fonamental".
- L'azimut d'una línia traçada a partir del punt "fonamental".
- Opcionalment, la deflexió vertical.

Tot i que la llista de sistemes de referència és extensa, els més utilitzats a Espanya són:

Sistema	El·lipsoide
European Datum 50 (ED50)	International 1924 (Hayford)
European Datum 79 (ED79)	International 1924 (Hayford)
European Datum 87 (ED87)	International 1924 (Hayford)
WGS84	WGS84
ETRS89	GRS 1980

2.3.6 Sistemes de coordenades

Els sistemes de coordenades permeten definir la posició de qualsevol punt al voltant de la Terra de forma inequívoca. En els següents subapartats es tracten dos d'ells: el sistema de coordenades geogràfiques i el sistema de coordenades cartesianes UTM.

2.3.6.1 Coordenades geogràfiques

El sistema de coordenades geogràfiques designa la posició d'un punt qualsevol mitjançat tres paràmetres: longitud, latitud i altitud.

- **Longitud** (ω) Distància angular, mesurada sobre l'equador, entre el meridià de *Greenwich* i un punt. Considerant com a 0º la distància sobre el meridià de *Greenwich*, el seu valor es compta negativament cap a l'oest fins a 180° i positivament cap a l'est fins a 180º. Per tant, el seu valor es troba dins de l'interval [-180º, 180º]. Tanmateix, es habitual fer servir graus absoluts i afegir la lletra W o E, segons el desplaçament sigui cap a l'oest o a l'est respectivament.

- **Latitud** (λ) Distància angular, mesurada sobre un meridià, entre l'equador i un punt. Considerant com a 0º la distància sobre l'equador, el seu valor es compta negativament cap al sud fins a 90° i positivament cap al nord fins a 90º. Per tant, el seu valor es troba dins de l'interval [-90º, 90º]. Tanmateix, es habitual fer servir graus absoluts i afegir la lletra S o N, segons el desplaçament sigui cap al sud o al nord respectivament.

- **Altitud** (h) Altura d'un punt sobre el nivell del mar.

Al seu torn, i en funció de l'origen del sistema de coordenades, les coordenades geogràfiques poden ser: geodèsiques o geocèntriques. Les coordenades geodèsiques estan definides respecte del centre d'un el·lipsoide i les coordenades geocèntriques estan definies respecte del centre de gravetat de la Terra.

2.3.6.2 Coordenades cartesianes UTM

El sistema de coordenades UTM és el que es fa servir a la projecció transversal *Universal Mercator* (UTM), tractada al punt 3 de l'apartat 2.3.4.2.2, i identifica qualsevol punt amb un parell de coordenades cartesianes X i Y, tot i que també s'anomena coordenada Z a l'altitud. Com les coordenades UTM són relatives dins d'una zona UTM (1 a 60) i d'un hemisferi (Nord o Sud), cal complementar-les amb aquestes dades. En aquest sentit, la coordenada X sempre es dona des de l'oest de la zona cap a l'est i la coordenada Y, des del sud del hemisferi dins la zona cap al nord. Tot i que l'origen d'una zona UTM és el punt on es creuen el meridià central de la zona amb l'equador, aquest punt no té un valor (0,0) per tal d'evitar els valors negatius. Així, el valor de la coordenada X en aquest punt és sempre 500 Km i el de la coordenada Y depèn de l'hemisferi: 0 Km a l'hemisferi nord i 10.000 km, a l'hemisferi sud.

La quadricula teòrica dins d'un dels hemisferis d'una zona té una amplada de 1.000 Km i una alçada de 10.000 Km. Per aquest motiu, la coordenada X expressada en metres té 6 dígits i la Y en té 7. Tanmateix, com la Terra no és plana i les zones tenen una amplada de 6º longitudinals, l'amplada màxima real d'una zona UTM a l'equador és d'uns 668 Km i disminueix anant cap als pols. Per tant, com el punt central d'una zona UTM té una coordenada X fixa de 500 Km i l'amplada de la zona disminueix cap als pols, es pot deduir que la coordenada X mínima d'una zona només serà de 0 a l'equador i anirà augmentant conforme la coordenada Y s'acosti als pols. Anàlogament, la coordenada X màxima d'una zona només serà d'uns 668 Km a l'equador i anirà disminuint conforme la coordenada Y s'acosti als pols.

Les coordenades UTM no designen un punt geogràfic discret sinó un àrea quadrada, els costats de la qual depenen de la resolució utilitzada. Així, si la resolució és d'1 metre, els costats seran d'1 metre de longitud i tindrà un àrea d'1 m^2. Igualment, si la resolució és d'1 Km, l'àrea serà d'1 Km^2. Per tant, tots els punts que estiguin dins de cada àrea quadrada designada per les coordenades UTM tindran les mateixes coordenades. Habitualment, les coordenades UTM fan servir una resolució d'1 m, però es pot fer servir la resolució que calgui. Així, a continuació es pot veure una mateixa coordenada expressada en diferents resolucions:

Coordenada UTM	Zona	Hemisferi	X	Y	Resolució
31N 4307774576494	31	N	430777	4576494	1 m
31N 4304576	31	N	430000	4576000	1 km
31N 445	31	N	400000	4500000	100 km

2.4 Dades

Un dels components dels sistemes d'informació geogràfica són les dades, com ja va ser exposat a l'apartat 2.1.2.2. Els SIG són sistemes d'informació i, conseqüentment, un dels seus objectius és gestionar dades. Per tant, és important conèixer i entendre els tipus, formats i representacions de les dades que fan servir: metadades, atributs i models de dades espacials En els següents subapartats s'enumeren i descriuen aquests tipus de dades.

2.4.1 Metadades

La norma ISO 19115:2003, que normalitza l'ús de metadades sobre informació geogràfica, defineix metadada com *"data about data"* [28], és a dir, dades sobre dades. Per tant, les metadades són dades estructurades que descriuen altres dades amb l'objectiu de facilitar el seu ús, avaluació, recuperació, autenticació, preservació i interoperabilitat. Així, per exemple, són metadades les dades que s'envien en la capçalera d'un correu electrònic, indicant el nom del remitent, l'assumpte, la data d'emissió, etc; les dades que s'emmagatzemen a les taules d'arxius dels discos, indicant el nom de l'arxiu, la data de creació o la seva longitud; els títols de crèdit d'una pel·lícula, indicat la llista d'actors, el director i la resta de l'equip que ha participat a la pel·lícula; les dades que apareixen al prospecte d'un medicament, indicant la seva composició, posologia, precaucions, intoxicació i el seu tractament, etc; etc.

Com es pot veure, l'ús de metadades està mol estès a la vida quotidiana, ajudant a prendre decisions, fer-ne un bon ús, fer classificacions, etc. Tanmateix, les metadades depenen del context i són subjectives. Per una banda, són dependents del context perquè una mateixa dada pot ser alhora dada i metadada segons el context. Així, per exemple, el nom de l'autor d'un llibre és una metadada del llibre, però alhora és una dada en una relació d'autors premiats. Per altra banda, les metadades són subjectives perquè cadascú pot escollir arbitràriament les metadades que vol fer servir per tal de descriure altres dades. Per tal d'evitar aquesta subjectivitat, els governs, associacions professionals, associacions comercials, organismes d'estandardització, etc. regulen el contingut dels prospectes dels medicaments, de la informació nutricional dels productes alimentaris, etc.

En l'àmbit dels sistemes d'informació geogràfica, les metadades també són importants i es fan servir per facilitar l'ús i l'intercanvi de dades geogràfiques en forma d'ortofotomapes, mapes vectorials, imatges, etc. Independentment de la seva forma, les metadades descriuen tant les dades geogràfiques com els suports (fitxers) que fan servir, en tots els seus aspectes:

- productor de les dades (organisme, adreça, telèfons, contactes, etc)
- dades (sistema de referència, sistema de coordenades, projecció, escala, unitats, etc)
- lliurament (qualitat, data de creació, data d'actualització, suports associats, nom de l'àrea geogràfica, fonts d'informació, etc)
- suport (nom, descripció, estructura, etc).

Quant a la seva localització, les metadades poden estar inserides juntament amb les dades o separades dins d'un altre suport associat. Com a paradigmes del primer cas, hi ha els formats *raster GeoTIFF* i *MrSID*. Ambdós tenen una capçalera amb metadades que conté informació de la resolució de la imatge, les coordenades, el sistema de referència i la projecció. Com a paradigma del segon cas, hi ha els arxius "*World*" (TFW, JGW i SDW) associats a formats *raster* sense metadades geogràfiques (TIFF, JPEG i SID) o els arxius de text que l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) associa als mapes vectorials. Mentre els arxius *"World"* contenen l'escala i les coordenades, els de l'ICC contenen tot un seguit de metadades geogràfiques basades en les especificacions del sistema d'intercanvi MIGRA.

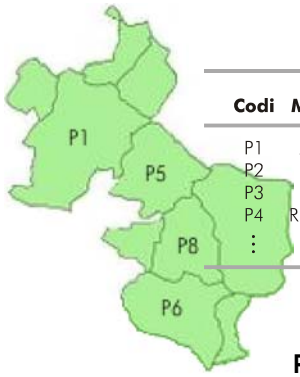
Per últim, en un esforç per facilitar el seu ús, hi ha tot un seguit d'organismes i comitès nacionals i internacionals que creen estàndards *de iure* i *de facto* per normalitzar l'ús de metadades geogràfiques. Només per citar-ne tres, a nivell internacional hi ha l'Organització Internacional de Normalització (ISO), creadors de la norma ISO 19115:2003 "Informació Geogràfica – Metadades"; a nivell americà hi ha la Comissió Federal de Dades Geogràfiques (FGDC), creadors de la norma FGDC-STD-001-1998 *"Contingut estàndard per a dades digitals geoespacials"* i, finalment, a nivell espanyol hi ha l'*Asociación Española de Normalización y certificación* (AENOR), creadors del sistema estàndard d'intercanvi de dades geogràfiques MIGRA [29]. Novament, per a generar i editar

metadades geogràfiques que compleixin els estàndards esmentats hi ha tot un ventall de programari, entre el qual es troben les següents eines:

- **CatMEdit**. Editor de metadades geogràfiques d'acord amb la norma ISO 19115:2003, desenvolupat pel consorci espanyol *TelDE* i en el que han participat una dotzena d'empreses i organismes, entre els que es troba *l'Instituto Geográfico Nacional* (IGN). [30]
- **IME**. Editor de metadades geogràfiques d'acord amb les normes ISO 19115:2003 i ISO 19139, desenvolupat per *l'Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial* (INTA). [31]
- **GeoNetwork**. Editor de metadades geogràfiques d'acord amb la normes ISO 19115:2003 i FGDC, desenvolupat per l'Organització de las Nacions Unides per a la Alimentació i l'Agricultura (FAO) i pel Programa del Medi Ambient de les Nacions Unides (UNEP). [32]
- **MetaD**. Editor de metadades geogràfiques d'acord amb el perfil *IDEC,* subconjunt de la norma ISO 19115:2003 adaptat a les característiques i particularitats de Catalunya, i amb la implantació ISO 19139. Ha estat desenvolupat dins el projecte IDEC amb el recolzament de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC). [33]

2.4.2 Atributs

Els atributs, coneguts també amb el nom de variables temàtiques, són informació no espacial associada –normalment mitjançant l'ús d'identificadors únics– als elements geogràfics representats dins d'un sistema d'informació geogràfica com a punts, línies i polígons. Així, per exemple, la figura 27 mostra els atributs associats als elements geogràfics "municipis" representats dins del SIG mitjançat polígons.



Atributs de polígons

Codi	Municipi	Província	Superfície (km^2)	Habitants	Densitat de població	Renda per càpita	Tipus de renda
P1	Amurrio	Álava	53,23	1.123	21,1	800.000	2
P2	Añana	Albacete	133,89	13.673	102,12	510.000	5
P3	Elvillar	Álava	12,67	5.461	431,02	810.000	1
P4	Ribera alta	Zamora	67,22	8.467	125,96	600.000	5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Fig. 27 Exemple d'atributs associats a elements

Generalment, els atributs –juntament amb la informació topològica– s'emmagatzemen en taules dins d'una base de dades relacional. Segons el domini i el tipus, els atributs es poden classificar en qualitatius i quantitatius. Al seu torn, els atributs quantitatius poden ser classificats en continus i discrets. Paral·lelament, i en funció del seu procés d'elaboració, els atributs també es poden classificar en fonamentals i derivats [34]:

- **Qualitatius**. Són atributs els valors dels quals no es representen de forma numèrica –o si ho fan, no s'utilitzen per quantificar– i descriuen, anomenen o identifiquen l'element espacial al què estan associats o bé indiquen la seva pertinença a una categoria, condició o tipus. A la figura 27, els atributs *codi*, *municipi*, *província* i *tipus de renda* són qualitatius.
- **Quantitatius**. Són atributs els valors dels quals es representen de forma numèrica i quantifiquen, de forma continua o discreta, el concepte de l'atribut respecte de l'element espacial al què estan associats. A la figura 27, els atributs *superfície*, *habitants*, *densitat de població* i *renda per càpita* són quantitatius.

- **Continus**. Són atributs quantitatius que poden prendre infinits valors diferents dins d'un interval. A la figura 27, els atributs *superfície*, *densitat de població* i *renda per càpita* són continus.
- **Discrets**. Són atributs quantitatius que només poden prendre un número finit de valors diferents dins d'un interval. A la figura 27, l'atribut *habitants* és discret.
- **Fonamentals**. Són atributs els valors dels quals es troben físicament emmagatzemats i, per tant, s'obtenen sense càlculs addicionals. A la figura 27, els atributs *codi*, *municipi*, *província*, *superfície* i *habitants* són fonamentals.
- **Derivats**. Són atributs els valors dels quals no es troben físicament emmagatzemats i cal obtenir-los a partir d'altres atributs. A la figura 27, l'atribut *densitat de població* es pot obtenir a partir del quocient entre *habitants* i *superfície*, l'atribut *renda per càpita* es pot obtenir a partir del quocient entre *PIB* i *habitants* i, finalment, l'atribut *tipus de renda* es pot obtenir a partir de *renda per càpita*. Per tant, aquests tres atributs podrien ser derivats.

2.4.3 Models de dades espacials

El món real és extraordinàriament ric i variat. Aquest fet fa que els sistemes d'informació geogràfica hagin de recórrer a una simplificació de la realitat, mitjançant l'ús de models, per tal de poder representar-la dins d'una base de dades geogràfica. Bàsicament, els SIG treballen amb tres models de dades espacials: el model *raster*, el model vectorial i el model TIN. Cadascun ofereix una simplificació diferent de la realitat i, per tant, una forma diferent de representar les dades espacials. Tanmateix, la seva utilització està condicionada pels tipus de dades espacials a representar i pel tipus de problema a resoldre o fenomen a analitzar. En els següents subapartats es descriuen i comparen aquests tres models.

2.4.3.1 Model raster

El model *raster* defineix l'espai en forma de cel·les de la mateixa forma i grandària distribuïdes al llarg d'una quadrícula, on cadascuna té associat un o més atributs, unes coordenades i s'identifiquen mitjançant un número de fila i columna. Tot i que cada cel·la té associades unes coordenades, aquestes no s'emmagatzemen explícitament per cadascuna sinó que s'emmagatzemen les coordenades corresponents a la cel·la situada en la cantonada superior esquerra de la quadricula i, mitjançant la distribució en files i columnes i l'escala, es calculen les coordenades associades a la resta de cel·les. Per tal que cada cel·la pugui representar el valor de més d'un atribut, s'agrupen més d'una quadricula de les mateixes dimensions formant capes –en una estructura coneguda com *multibanda*– on una mateixa cel·la en cada capa té el valor corresponent a l'atribut que la capa representa. [35]

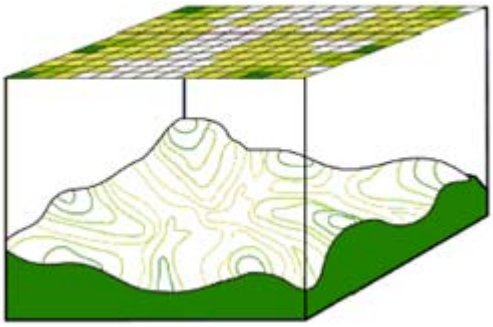


Fig. 28 Model raster

Normalment, aquest model es fa servir per a representar: atributs qualitatius en forma d'imatges d'elements geogràfics (la imatge d'una casa en venda mostrada en el mapa amb un símbol), ortofotomapes (obtinguts a partir de fotografies aèries i satèl·lit), mapes escanejats i fenòmens continus com precipitacions, altituds, distribució de temperatures, etc (obtinguts a partir de fotografies satèl·lit). Així mateix, és una pràctica habitual el fet d'utilitzar les imatges obtingudes amb aquest model com a base per a obtenir elements discrets (carreteres, rius, parcel·les, localitzacions, etc) de forma vectorial mitjançant un procés de digitalització manual o *vectorització* automàtic. En tot cas, l'exactitud com la que aquest model representa el món només

depèn de la resolució, però aquesta es troba directament condicionada per la capacitat computacional i l'espai d'emmagatzemament. Per tant, cal arribar a un compromís entre ambdues.

2.4.3.2 Model vectorial

El model vectorial defineix l'espai segons la seva geometria en forma de punts, línies i polígons i les seves propietats topològiques en forma de nodes, arcs i polígons. Al seu torn, els punts es representen per les seves coordenades, mentre que les línies i el polígons es representen mitjançant una llista ordenada de vèrtexs (parells de coordenades). En tot cas, cadascuna de les formes (punts, línies i polígons) té associats uns atributs. Per tant, aquest model es fa servir per a representar objectes discrets [35]:

- Els elements les dimensions dels quals són negligibles des d'una perspectiva cartogràfica (pous, semàfors, vèrtexs geodèsics, etc) i les localitzacions es representen mitjançant punts, que són objectes espacials de zero dimensions: tenen localització, però no tenen ni longitud ni amplada.
- Els elements que formen part de xarxes (carreteres, rius, vies ferroviàries, canonades, etc) es representen mitjançant línies, que són objectes espacials d'una dimensió: tenen longitud, però no amplada.
- Els elements amb dues dimensions (províncies, països, continents, tipus de terres, tipus d'utilització de terrenys, etc) es representen mitjançant polígons, que són objectes espacials de dos dimensions: tenen longitud i amplada.

2.4.3.2 Model TIN

El model TIN (*Triangulated Irregular Network*), és a dir, el model xarxa irregular triangulada defineix l'espai en funció d'un conjunt de punts del món real dels quals es coneix la seva posició i alçada. A continuació, sobre aquests punts s'aplica un algorisme de triangulació –com el de *Delaunay*– i s'obté una xarxa de triangules sense solapament que descriuen una superfície. Per tant, aquest model permet representar superfícies continues. Tanmateix, lluny de limitar-se a representar superfícies físiques (mars, muntanyes, terrenys, etc), és pot fer servir el valor d'un atribut corresponent a un fenomen continu (densitat de població, precipitacions, pressions atmosfèriques, temperatures, etc) com alçada dels punts i obtenir una representació de la distribució espacial del fenomen. [36]

Capítol 3
GeoMedia

L'eix central d'aquest projecte és el programari *Intergraph® GeoMedia® Professional 6.0*, com a paradigma de sistema d'informació geogràfica que es fa servir comercialment, on poder posar en pràctica els coneixements adquirits i on crear, manipular i analitzar informació espacial. Per tant, al llarg d'aquest capítol s'exposen las funcionalitats bàsiques d'aquest programari i tot el treball que s'ha fet per tal d'obtenir les dades de mostra, al damunt de les quals s'ha desenvolupat la resta del projecte. El capítol comença amb una descripció bàsica dels conceptes més importants del funcionament de *GeoMedia*, que serviran de base per a poder entendre la resta de capítols de la memòria. A continuació, es detallen les tasques que s'han hagut de fer dins d'aquest entorn per tal de crear la base de mostra: límits municipals, ortofotomapes i digitalització d'elements representatius.

3.1 Conceptes bàsics

El component més important de *GeoMedia* és el *GeoWorkspace* i no es pot treballar sense crear-ne o obrir-ne un. Un *GeoWorkspcae* és un arxiu d'extensió *GWS* que emmagatzema l'entorn de treball: connexions, sistemes de coordenades, finestres (mapes, dades, composició, etc), consultes, així com la configuració dels elements visuals (barres d'eines, menús, etc). Un cop creat el GeoWorkspace, cal assignar-li un sistema de coordenades. Els sistemes de coordenades s'emmagatzemen en arxius CSF i es poden crear fent servir la utilitat "*Definir archivo de sistema de coordenadas*". Aquests arxius contenen informació de: el tipus de sistema de coordenades (geogràfic geodèsic, projectat o geogràfic geocèntric), el sistema de referència (DATUM), el tipus de projecció, així com les unitats i formats.

Tanmateix, abans de començar a treballar cal decidir on s'emmagatzemaran les dades. Per tal d'emmagatzemar les dades amb les que es treballa, *GeoMedia* far servir connexions a magatzems. Un magatzem és un conjunt estructurat de dades. Són exemples de magatzems: les bases de dades d'Oracle, SQL Server, ArcInfo, sistemes CAD, etc. Per a fer servir un magatzem, cal crear una connexió. Les connexions contenen les dades d'accés als magatzem (servidor, port, usuari, contrasenyes, ús, etc) i permeten a *GeoMedia* convertir les dades a un format que pugui fer servir. La versió actual admet fins a 17 tipus diferents de connexions, però la única que suporta completament és la basada en *Microsoft Access*; amb tota la resta cal fer servir les utilitats de bases de dades que s'instal·len amb l'aplicació.

GeoMedia fa servir entitats i classes d'entitats per a modelitzar el món. Mentre una classe d'entitat és un conjunt d'atributs que defineixen les característiques d'un grup d'objectes, les entitats són les instàncies d'aquestes classes, és a dir, són els objectes que s'agrupen sota aquestes classes. Es pot pensar en les classes d'entitat com a taules, l'esquema de les quals defineix els atributs dels objectes, i en les entitats com a tuples o files d'aquetes taules. De fet, això és el que realment són als magatzems. Així, les taules de les bases de dades representen les classes d'entitat i les files d'aquestes taules representen les entitats. Per aquest motiu, al llarg de la memòria es fan servir ambdues formes de descriure-les, en funció del capítol.

Al seu tron, les entitats poden tenir una representació gràfica dins del SIG o consistir només en dades. En el primer cas, s'anomenen entitats amb geometria i en el segon, entitats sense geometria. A nivell pràctic, això significa que les entitats amb geometria tenen un camp de tipus geomètric que emmagatzema les dades geomètriques, mentre que les entitats no geomètriques no tenen aquest camp. En el cas d'Oracle, aquest camp té el tipus *MDSYS.SDO_GEOMETRY*. Les entitats amb geometria poden tenir els següents tipus de geometria:

- **Punt**: contenen les coordenades on està situada l'entitat.
- **Línia**: contenen un conjunt d'arcs i línies que representen l'entitat.
- **Àrea**: contenen zones delimitades formades per arcs i línies que representen l'entitat.
- **Composta**: poden contenir qualsevol barreja dels tres tipus de geometria anteriors (punt, línia i àrea)
- **Text**: contenen un text i les coordenades on està situat.
- **Imatge**: contenen una imatge *raster*. (a Oracle només s'emmagatzema el directori i nom)

3.2 Càrrega de dades

Per tal de crear les dades que serviran de mostra para la resta del projecte, s'han escollit els següents elements representatius:

- Amfiteatre romà de Tarragona
- Circuit de Catalunya
- Estany de Banyoles
- Museu Dalí
- Palau Sant Jordi
- Pantà de Sau
- Presa de Flix

En els següents tres subapartats s'expliquen com s'han creat: els límits i àrees, que conformen el mapa on aniran els elements representatius; els ortofotomapes, que es fan servir per a digitalitzar els elements representatius; la digitalització dels elements representatius i, finalment, altres tasques de càrrega que també s'han hagut de dur a terme com la creació de la llegenda de la finestra de mapa o

les dades sobre el número habitants dels municipis. Tanmateix, cal recordar que els passos necessaris per a crear el *workspace* i tot el que cal per començar a utilitzar *GeoMedia* amb la base de dades d'Oracle es pot troba a l'apartat del model de dades on s'explica com integrar el model dins de *GeoMedia* (6.1.3).

3.2.1 Límits i àrees

Per tal d'obtenir els límits i àrees corresponents a la comunitat autònoma de Catalunya, les seves províncies, comarques, municipis i tots els topònims associats, s'han descarregat els següents arxius de l'Institut Cartogràfic de Catalunya:

Arxiu	Descripció
bm1000mv33pcr09.dgn	Polígons de comarques
bm1000mv33pmr09.dgn	Polígons de municipis
bm1000mv33ppr09.dgn	Polígons de províncies
bm1000mv33xmr09.dgn	Límits, caps i topònims
bm1000mv33cmr09.dbf	Caps de municipis
bm1000mv33lmr09.dbf	Límits municipals
bm1000mv33pcr09.dbf	Polígons de comarques
bm1000mv33pmr09.dbf	Polígons de municipis
bm1000mv33ppr09.dbf	Polígons de províncies
bm1000mv33tcr09.dbf	Topònims de comarques
bm1000mv33tmr09.dbf	Topònims de municipis

Com les dades es troben en arxius DGN de *MicrosStation,* cal definir un arxiu d'esquema de servidor per tal de poder accedir a la informació des de *GeoMedia*. Per fer això, cal seguir els següents passos:

1. **Definir un arxiu de sistema de coordenades pels arxius DGN**. Fent servir la utilitat "*Definir archivo de sistema de coordenadas*" i prement el botó "*Cargar*" s'obre un arxiu qualsevol dels quatre arxius DGN. A continuació, s'introdueix la informació que proporciona l'ICC: projecció UTM, hemisferi Norte, Zona 31, datum geodésico *European 1950* i datum vertical *Unspeccified*. Finalment, i fent servir el botó "*Guardar como*" es crea l'arxiu *CAD.cs*f.

2. **Definir l'arxiu d'esquema de servidor CAD.** Fent servir la utilitat "*Definir archivo de esquema de servidor CAD*" i seleccionant l'opció "*Nuevo*", s'escull "*basado en Mstntemplate.csd*". A continuació, es seleccionen els quatre arxius DGN i es carrega l'arxiu de coordenades creat al pas anterior, CAD.csf i es guarda l'arxiu com a "BaseMunicipal.csd", utilitzant l'opció "Guardar como".

3. **Definir les classes d'entitat que llegirà *GeoMedia*.** Fent servir l'opció "*Definir clase de entidad*" del menú "*Clase de entidad*", s'arriba a la finestra on es crean les classes entitat. A continuació, cal pitjar el botó "*Nuevo..*" i definir:

   - **Nombre**: el nom de la classe d'entitat que *GeoMedia* veurà.
   - **Tipo de geometría**: tipus de geometria que tindrà la classe.
   - **Atributos gráficos**: es seleccionen els atributs dels DGN que es volen veure a *GeoMedia*.
   - **Criterios:** es selecciona la condició que han de complir les entitats seleccionades i,per tant, visibles des de *GeoMedia*.

Com a part del projecte s'han definit set classes d'entitat amb els següents paràmetres:

Nombre	Geometria	Atributos	Criterios
Provincies	AreaGeometry	OccurrenceNumber	ElementLevel = 32 EntityNumber = 24
Comarques	AreaGeometry	OccurrenceNumber	ElementLevel = 31
Municipis	AreaGeometry	OccurrenceNumber	ElementLevel = 30
Catalunya	LinearGeometry	ElementLevel	ElementLevel = 35
LimitsComarcals	LinearGeometry	<cap>	ElementLevel = 2
LimitsMunicipals	LinearGeometry	ElementLevel	ElementLevel = 1-2
ToponimsComarques	TextGeometry	ElementLevel	ElementLevel = 28

4. **Accedir a les classes des de *GeoMedia*.** Seleccionar l'opció "*Conexión nueva*" del menú "*Almacén*" i escollir tipus de connexió CAD. A continuació, s'assigna un nom a la connexió. En el cas del projecte, s'ha fet servir "Base municipal DGN". A partir d'aquest moment, ja es pot accedir a les classes d'entitat mitjançant aquesta connexió.

Ara ja només quedar editar les geometries i inserir-les a les taules d'Oracle: comunitatsautonomes, provincies, comarques, municicipis, limitscomautonomes, limitsprovincies, limitscomarques i limitsmunicipis. Però el procés és massa llarg, com per a detallar-ho.

Quant als topònims, en lloc de fer servir simples entitats de text s'utilitzaran etiquetes. Ambdues fan servir el mateix tipus de geometria, però mentre les entitats de text simple emmagatzemen el text, les etiquetes emmagatzemen el camp i la taula on està situat el text. De forma que les etiquetes poden mostrar els canvis realitzats a les taules originals que contenen el text. Per tant, per afegir els topònims provincials, comarcals i municipals cal fer el següent:

1. Menú "*Insertar*", opció "*Etiqueta*..." i s'introdueixen les dades:

   - Colocar etiquetas en: PROVINCIES
   - Composicion: NOM
   - Sacar etiquetas como: clase de entidad
   - Conexión: BD VertexsGeodesics
   - Clase de entidad: TOPONIMS

2. Executar en Oracle: UPDATE toponims SET tipus = 1 WHERE tipus IS NULL
3. Menú "*Insertar*", opció "*Etiqueta*..." i s'introdueixen les dades:

   - Colocar etiquetas en: COMARQUES
   - Composicion: NOM
   - Sacar etiquetas como: clase de entidad
   - Conexión: BD VertexsGeodesics
   - Clase de entidad: TOPONIMS

4. Executar en Oracle: UPDATE toponims SET tipus = 2 WHERE tipus IS NULL
5. Menú "*Insertar*", opció "*Etiqueta*..." i s'introdueixen les dades:

   - Colocar etiquetas en: MUNICIPIS
   - Composicion: NOM
   - Sacar etiquetas como: clase de entidad

- Conexión: BD VertexsGeodesics
- Clase de entidad: TOPONIMS

6. Executar en Oracle: UPDATE toponims SET tipus = 3 WHERE tipus IS NULL

3.2.2 Ortofotomapes

Un ortofotomapa és una Imatge fotogràfica del terreny amb el mateix valor cartogràfic que un plànol, que ha estat sotmesa a un procés de rectificació diferencial que fa possible realitzar la posada en escala i anivellació de las unitats geomètriques que el composen i eliminar, per tant, les distorsions degudes a la perspectiva, el moviment de la càmera i el relleu. En el projecte, es fan servir com a base per a digitalitzar els elements representatius. Per tant, s'han descarregat els següents ortofotomapes des de l'ICC:

Base	Referència	Element representatiu
Ortofotomapa 1:25.000	74-24	Pantà de Sau
Ortofotomapa 1:25.000	74-25	Pantà de Sau
Ortofotomapa 1:5.000	303-90	Estany de Banyoles
Ortofotomapa 1:5.000	303-91	Estany de Banyoles
Ortofotomapa 1:5.000	289-127	Palau Sant Jordi
Ortofotomapa 1:5.000	290-127	Palau Sant Jordi
Ortofotomapa 1:5.000	289-128	Palau Sant Jordi
Ortofotomapa 1:5.000	289-129	Palau Sant Jordi
Ortofotomapa 1:5.000	291-117	Circuit de Catalunya
Ortofotomapa 1:5.000	250-133	Presa de Flix
Ortofotomapa 1:5.000	251-133	Presa de Flix
Ortofotomapa 1:5.000	250-134	Presa de Flix
Ortofotomapa 1:5.000	267-139	Amfiteatre Romà de Tarragona
Ortofotomapa 1:5.000	308-084	Museu Dalí

Abans de poder inserir-los a *GeoMedia,* cal modificar els arxius SDW associats als SID i canviar els punts que fa servir l'ICC per separar els decimals per comes. Si no es fa això, Oracle dona un error i *GeoMedia* avorta la inserció. Un cop fet aquesta modificació en tots els arxius SDW, ja es poden inserir els ortofotomapes en *GeoMedia*, seguint els següents passos per cadascun:

- Menú "*Insertar*", opció "*Imágenes georeferenciadas*".
- Modo de georeferenciado: Archivo World.
- Archivo de sistema de coordenadas: VertexsGeodesics.csf
- Almacén: BD VertexsGeodesics
- Clase d'entidad con sistema de coordenadas coincidente: imatges
- Prèmer el botó "Aceptar"

Els arxius SDW són arxius de text que contenen el següent en l'ordre indicat:

A: Resolució X.
D: Rotació sobre l'eix X.
B: Rotació sobre l'eix Y.
E: Resolució Y.

C: Coordenada X del punt corresponent a la cantonada superior esquerra.
F: Coordenada Y del punt corresponent a la cantonada superior esquerra.

Aquestes dades corresponen a una matriu Affine que permet calcular les coordenades de qualsevol punt amb:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ D & E \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C \\ F \end{bmatrix}$$

3.2.3 Digitalització d'elements representatius

Fent servir les comandes de digitalització de *GeoMedia* i els ortofotomapes com a guia, s'han digitalitzat els 7 elements representatius. Aquest ha estat, sense dubte, el procés més llarg, feixuc i de baralla constant amb *GeoMedia* per a intentar aconseguir el que es volia. Cada element digitalitzat té tanta quantitat de detalls i curiositats que no quedaria espai per a explicar altres coses més importants. Per tant, es considera que està plenament justificat la inclusió de les digitalitzacions a la memòria per a mostrar la gran càrrega de feina que han suposat. Així, a continuació es mostren tots els elements representatius digitalitzats amb i sense l'ortofotomapa de referència.

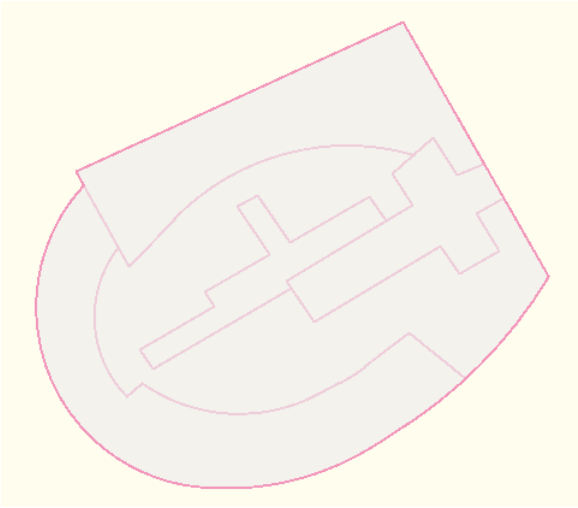


Fig. 29 Amfiteatre Romà de

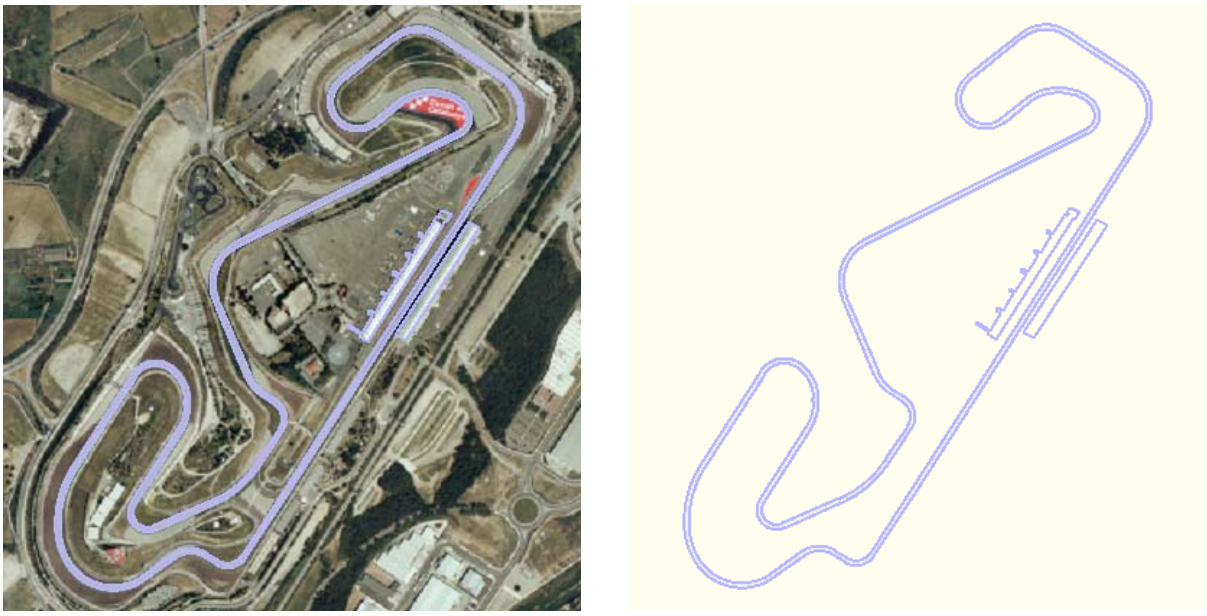


Fig. 30 Circuit de

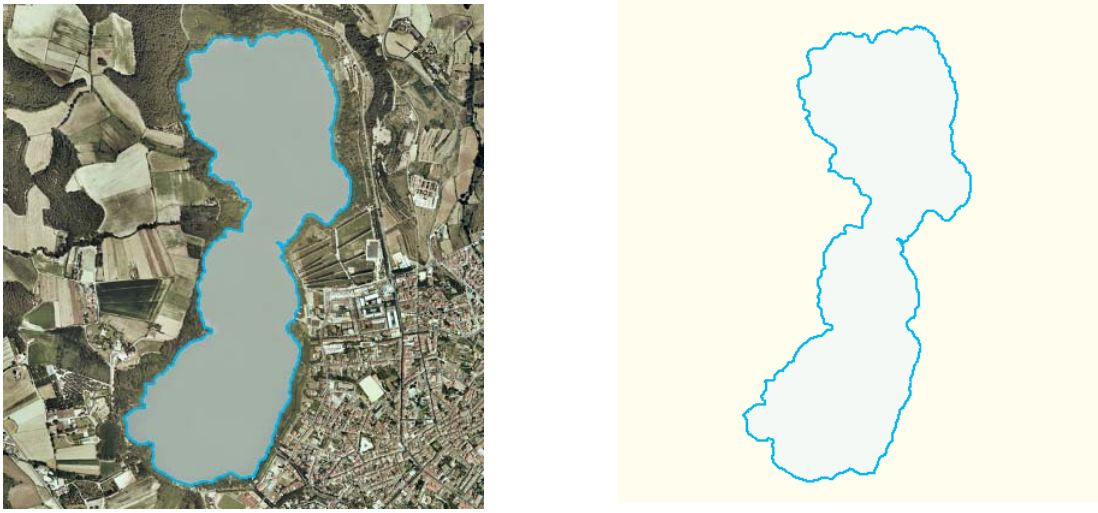


Fig. 31 Estany de Banyoles

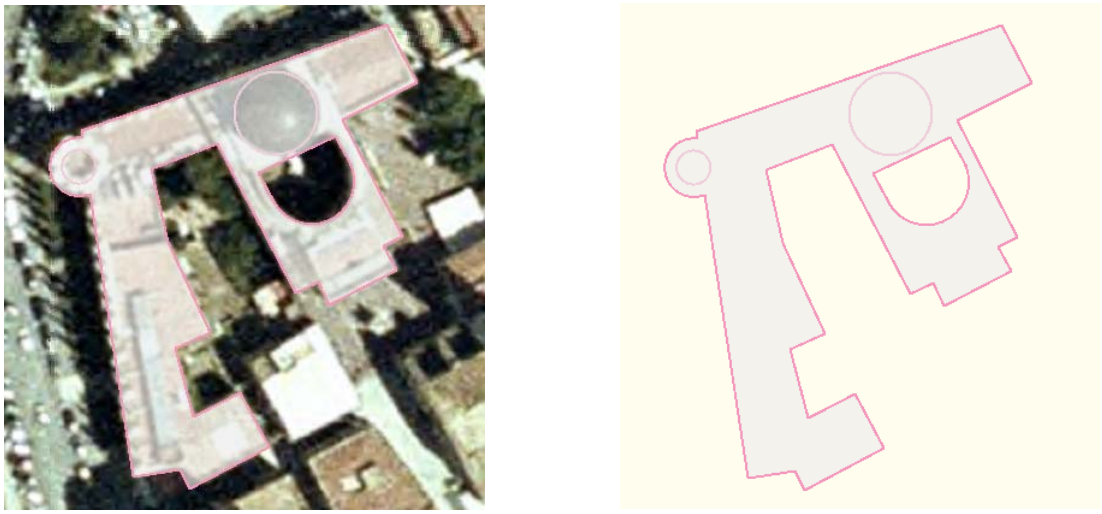


Fig. 32 Museu

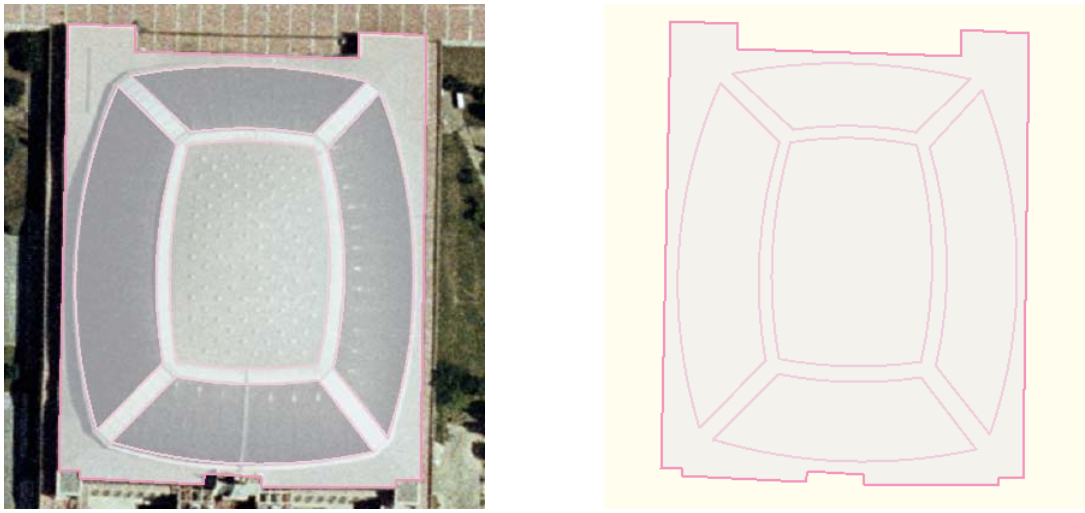


Fig. 33 Palau Sant

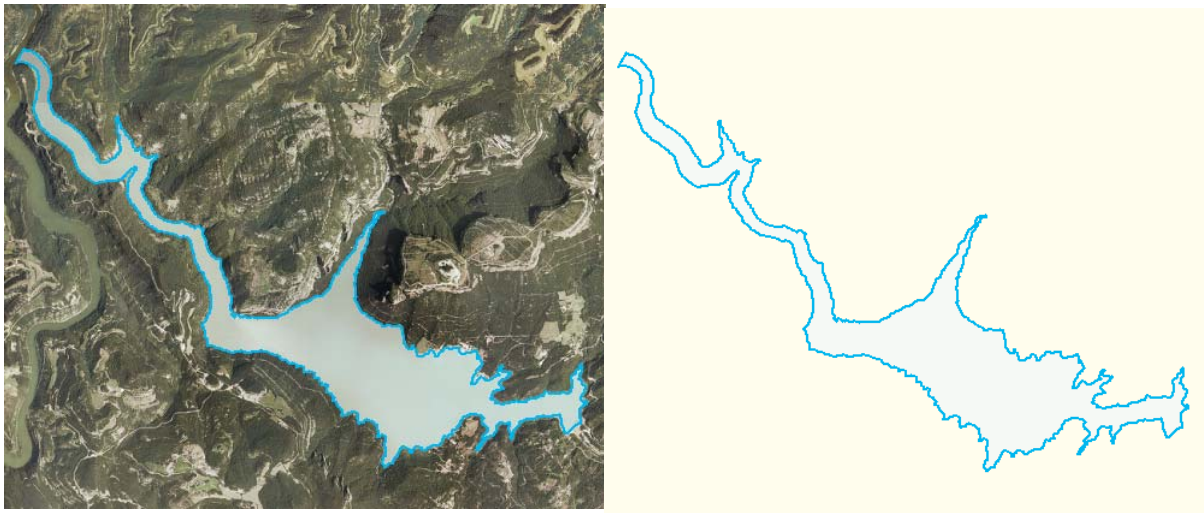


Fig. 34 Pantà de

Fig. 35 Presa de Flix

3.2.4 Altres

Els dos últims elements a carregar són les dades de població dels municipis i la llegenda de la finestra de mapa. Pel que fa a les dades de població, s'han extret d'un arxiu amb estadístiques de població de l'any 2001 publicat a la pàgina d'IDESCAT. La manipulació és prou llarga i feixuga com per a no explicar-la aquí, però es va fer servir Excel, el programa SQLLDR and arxius CTL per a carregar les dades a Oracle i, finalment, els municipis que no es van poder carregar automàticament, per problemes amb els noms, es van carregar manualment.

Quant a la llegenda, i com mostra la figura 36, les entrades han estat agrupades per que resulti més clar i fàcil de activar o desactivar una determinada agrupació. Així mateix, hi ha entrades que corresponen a taules (classes d'entitats) i d'altres a consultes:

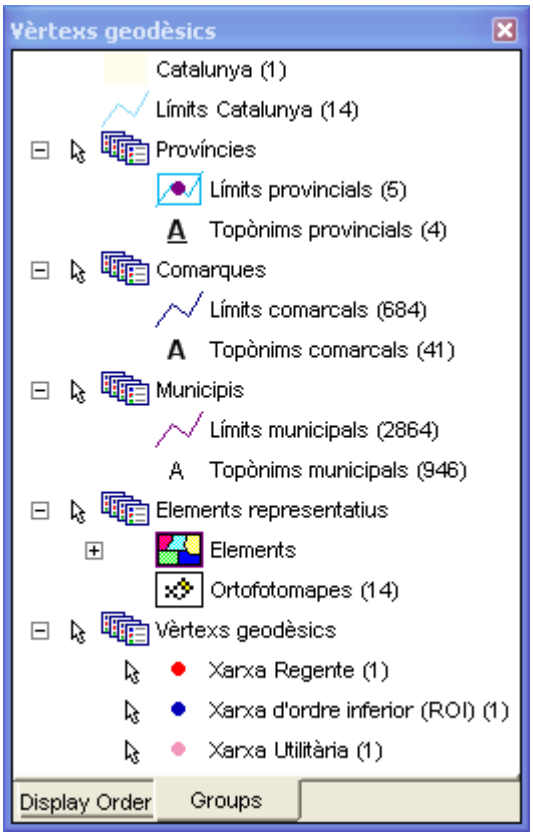


Fig. 36

- Catalunya: Taula COMUNITATSAUTONOMES
- Límits Catalunya: Taula LIMITSCOMAUTONOMES
- Límits provincials: Taula LIMITSPROVINCIES
- Topònims provincials: SELECT * FROM toponims WHERE tipus = 1
- Límits comarcals: Taula LIMITSCOMARQUES
- Topònims comarcals: SELECT * FROM toponims WHERE tipus = 2
- Límits municipals: Taula LIMITSMUNICIPIS
- Topònims municipals: SELECT * FROM toponims WHERE tipus = 3
- Elements: Taula ELEMENTSREPRESENTATIUS
- Ortofotomapes: Taula IMATGES
- Xarxa Regente: SELECT * FROM vertexsgeodesics WHERE xarxa = 1
- Xarxa d'odre inferior: SELECT * FROM vertexsgeodesics WHERE xarxa = 2
- Xarxa Utilitària: SELECT * FROM vertexsgeodesics WHERE xarxa = 3

Capítol 4
Requeriments

Al llarg d'aquest capítol s'exposen els requeriments del sistema de programari (*software*) que cal implementar com a aplicació pràctica dels coneixements adquirits durant la realització del projecte. Tot i que habitualment els requeriments són el resultat de les necessitats exposades pel client durant la fase d'anàlisi de requeriments, en aquest cas la gran majoria provenen de l'enunciat del projecte. El capítol comença amb una descripció general del sistema a implementar i s'introdueix el concepte de vèrtex geodèsic. A continuació, s'exposen els requeriments funcionals i, conseqüentment, es descriuen els processos, les entrades i les sortides. Finalment, s'enumeren els requeriments no funcionals.

4.1 Descripció general

Repartits al llarg de la geografia espanyola hi ha tot un seguit de punts dels quals es coneix la seva posició exacta: altitud, latitud i longitud. Aquests punts s'anomenen vèrtexs geodèsics i, des del 1975, es troben protegits per la *"Ley sobre Señales Geodésicas y Geofísicas"* (11/1975). Al seu torn, aquests punts formen parts de xarxes de triangles, juntament amb altres vèrtexs geodèsics, conegudes com a xarxes geodèsiques. En funció de la distància entre els seus vèrtexs, les xarxes geodèsiques poden ser: de primer ordre, si els seus vèrtexs estan separats entre 30 i 70 km; de segon ordre, si la distància es troba entre 15 i 20 km; de tercer ordre, si la distància es troba entre 4 i 8 km; de quart ordre, entre 2 i 3 km i, finalment, de cinquè ordre –també anomenades xarxes locals o topogràfiques– quan la distància és inferior als 2 km. [x1]

Físicament, els vèrtexs geodèsics es materialitzen sobre el terreny amb fites o senyals. Així, per exemple, en el cas de les xarxes geodèsiques espanyoles, gestionades per l'IGN (*Instituto Geográfico*

Nacional), els vèrtexs consisteixen en un cilindre de 120 cm d''alçada i 30 cm de diàmetre sobre una base cúbica de formigó. Actualment, i només per citar-ne dues, a nivell espanyol la *Red Geodésica Nacional Convencional* (ROI) disposa de més d'11.000 vèrtexs i a nivell català, la xarxa Utilitària disposa de més 2.000 vèrtexs. La utilitat d'aquestes xarxes és establir un punt d'origen on començar a mesurar una determinada posició i dotar d'alta precisió a la cartografia.

Per tant, la part d'implementació d'aquest projecte consisteix a desenvolupar una eina de gestió que permeti gestionar la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya, fent servir *Intergraph® GeoMedia® Professional 6.0*, els seus mecanismes d'automatització, el gestor de base de dades *Oracle® Database 10g Express Edition* i el llenguatge de programació *Microsoft® Visual Basic® 6.0*.

4.2 Requeriments funcionals

Els requeriments funcionals descriuen breument els processos del sistema de programari (software), així com les seves entrades i sortides. En els següents subapartats, s'exposen els requeriments funcionals del Sistema.

4.2.1 Creació de nous vèrtexs geodèsics

El Sistema permetrà afegir nous vèrtexs a la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya. Per cada vèrtex, es podran introduir dades generals (nom, referència, municipi, xarxa geodèsica, observacions, etc), dades de posicionament (sistema de referència, coordenades UTM i coordenades geogràfiques), dades descriptives físiques (data de construcció, cossos que el componen i les seves dimensions, situació i itinerari), així com imatges (croquis i fotografia). A més, el sistema farà servir diferents símbols per a representar gràficament els vèrtexs geodèsics, en funció de la xarxa geodèsica a què pertanyin.

4.2.2 Consulta de les dades dels vèrtexs geodèsics

El Sistema permetrà consultar els vèrtexs geodèsics de Catalunya, ja sigui seleccionant-los gràficament, en funció de les seves dades o bé de forma espacial en relació a altres dades cartogràfiques de referència (províncies, comarques, municipis i elements representatius digitalitzats). Com a resultat de la consulta, es mostrarà una llista incloent la informació bàsica dels elements. A més a més, per cada vèrtex de la llista es podrà consultar una fitxa descriptiva o ressenya del vèrtex geodèsic, a l'estil de *l'Institut Cartogràfic de Catalunya* o el *Instituto Geográfico Nacional* amb tota la informació detallada.

4.2.3 Modificació de les dades dels vèrtexs geodèsics

El Sistema farà servir el mateix procés que el descrit a l'apartat *"Consulta de les dades del vèrtexs geodèsics"* per a obtenir una llista de vèrtexs. Tanmateix, en aquest cas el Sistema permetrà la modificació dels continguts mostrats per la fitxa descriptiva, llevat del codi.

4.2.4 Eliminació de vèrtexs geodèsics

El Sistema farà servir el mateix procés que el descrit a l'apartat *"Consulta de les dades del vèrtexs geodèsics"* per a obtenir una llista de vèrtexs. Tanmateix, en aquest cas el Sistema permetrà la selecció d'elements resultants de la consulta i la posterior eliminació dels vèrtexs geodèsics corresponents als elements seleccionats.

4.2.5 Triangulació de vèrtexs geodèsics

El Sistema s'implementarà l'algorisme de triangulació de *Delaunay* per a un conjunt de vèrtexs seleccionats, ja sigui gràficament o bé segons la xarxa geodèsica a la qual pertanyin.

4.3 Requeriments no funcionals

Els requeriments no funcionals descriuen les propietats que ha de tenir tant el sistema de programari (software) com la seva arquitectura. En els següents subapartats, s'exposen els requeriments no funcionals del Sistema.

4.3.1 Plataforma de desenvolupament

Tot i que els requeriments de maquinari de la plataforma de desenvolupament es corresponen amb els del punt de treball estàndard de la UOC, es farà servir el següent maquinari:

CPU Intel® Pentium® 4 2.60 GHz
3 GB de memòria RAM Kingston® DDR 400 MHz
Disc dur Seagate® Barracuda® 160 GB, SATA, 7200 rpm amb 64 GB d'espai lliure
Targeta gràfica ASUS® V9520 NVIDIA® GeForce FX® 5200 128 MB DDR
Monitor SONY® CPD-200ES 17" Trinitron® CRT 1280 x 1024
Connexió a Internet amb ADSL 3 Mbps

Quant als requeriments de programari de la plataforma de desenvolupament, a continuació s'enumera el programari que es farà servir no només en el desenvolupament del projecte, sinó també en la confecció de la memòria i el disseny de la presentació virtual:

Microsoft® Windows® XP SP2 (Sistema operatiu)
Microsoft® Visual Basic® 6.0 (Llenguatge de programació)
Oracle® Database 10g Express Edition (Gestor de base de dades)
Oracle® SQL Developer (Administració de bases de dades *Oracle®*)
Intergraph® GeoMedia® Professional 6.0 (GIS)
LizardTech® MrSID (visor i eines per a gestionar imatges SID)
Microsoft® Office Word® 2003 (Redacció de la memòria)
Microsoft® Office Project® 2003 (Diagrames de Gantt i seguiment del projecte)
Microsoft® Office Visio® 2003 (Diagrames UML)
Microsoft® Office PowerPoint® 2003 (Presentació virtual)
Microsoft® Office Excel® 2003 (Taules i càlculs)
CorelDRAW® X3 (Diagrames i esquemes de la memòria i la presentació virtual)
Impact Software® Microangelo® 5.5 (Edició i creació d'icones)

4.3.2 Plataforma d'explotació

Degut a que no hi ha cap condicionament al respecte, la plataforma d'explotació s'ha de correspondre –com a mínim– amb el Punt de treball estàndard de la UOC.

4.3.3 Altres

Degut a que *GeoMedia*® permet escollir entre varis gestors de bases de dades i a que ofereix dues estratègies completament diferents per a gestionar la capa de presentació, és important que l'arquitectura del Sistema es pugui adaptar fàcilment a aquests canvis i que, per tant, tingui les següents propietats [38]:

- *Portabilitat*: facilitat d'adaptació a canvis en la plataforma de maquinari o programari.
- *Extensibilitat*: facilitat per a afegir noves funcionalitats i millores.
- *Matenibilitat*: facilitat de detecció i reparació d'errors.

Habitualment, aquestes propietats s'agrupen dins d'una altra propietat coneguda com a *canviabilitat*. [39]

Capítol 5
Especificació

El procés o etapa d'especificació té l'objectiu de definir, de forma independent de la tecnologia que es fa servir, el que ha de fer el Sistema. Així, aquesta etapa descriu detalladament el comportament extern del Sistema, des del punt de vista dels usuaris o de l'entorn. Per tal de dur a terme aquesta descripció, el capítol fa servir dos artefactes: en primer lloc, el model conceptual i finalment, el model de casos d'ús. Mentre amb el model conceptual es fa una representació dels conceptes més significatius del domini del problema i de les serves relacions, el model de casos d'ús descriu detalladament els processos del Sistema. Ambdós fan servir com a base els requeriments exposats al capítol anterior i esdevindran, al seu torn, la base per a la següent etapa del procés de l'enginyeria del programari: el disseny.

5.1 Model conceptual

El model conceptual és la representació dels conceptes (objectes) més significatius del domini del problema i de les seves relacions en forma de classes d'objectes, associacions i atributs. Per tal de fer la representació del problema, el model fa ús del llenguatge de modelat UML (*Unified Modeling Language*) com a llenguatge estàndard de modelat. A continuació, es mostra el model conceptual, les restriccions d'integritat associades i les decisions del seu disseny com a resultat del Procés Unificat de Desenvolupament del Programari (UP).

5.1.1 Model

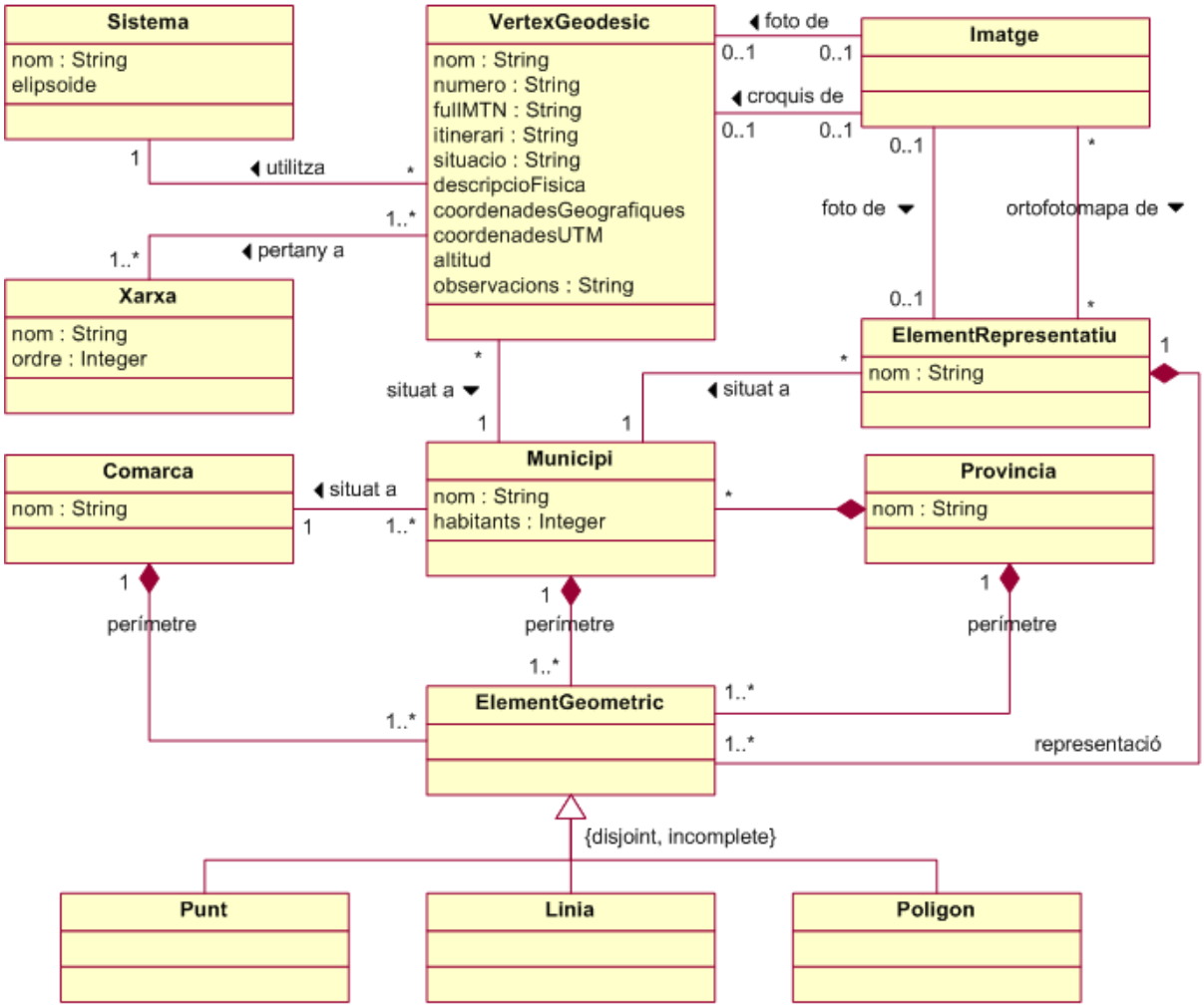


Fig. 37 Model

5.1.2 Restriccions d'integritat

Les restriccions d'integritat que ho han pogut ser reflectides al model conceptual, i fent servir un format textual, són les següents:

1. Un mateix *ElementGeometric* només pot estar associat a una de les classes *Comarca*, *Municipi*, *Provincia* o *ElementRepresentatiu*. Per tant, si un mateix *ElemetGeometric* està associat a una de les quatre classes, no pot estar associat a cap de les altres tres.
2. Una mateixa Imatge només pot estar associada a una de les classes *VertexGeodesic* o *ElementRepresentatiu*. Per tant, si una mateixa Imatge està associada a una de les dues classes, no pot estar també associada a l'altra.

Les mateixes restriccions d'integritat, però fent servir el llenguatge d'especificació de restriccions *OCL* (*Object Constraint Language*), inclòs dins de l'especificació *UML* [40], són les següents:

1. (((Comarca.elementGeometric -> intersection (Municipi.elementGeometric))
   -> intersection (Provincia.elementGeometric))
   -> intersection(ElementRepresentatiu.elementGeometric)) -> isEmpty

2. (((VertexGeodesic.foto -> intersection (VertexGeodesic.croquis))
   -> intersection (ElementRepresentatiu.foto))
   -> intersection (ElementRepresentatiu.ortofotomapa)) -> isEmpty

5.1.3 Decisions de disseny

Degut a que el model conceptual es defineix sense prendre en consideració la tecnologia que es farà servir per a la seva implementació, la cardinalitat de l'associació "*pertany a*" cap a la classe *Xarxa* és 1..*, ja que un mateix vèrtex geodèsic pot pertànyer a més d''una xarxa geodèsica. Tanmateix, i tal i com s'exposa a les decisions de disseny del model de dades, la dificultat d'implementació d'aquesta cardinalitat fent servir *GeoMedia*® fa que a la practica es faci servir una cardinalitat 1.

5.2 Model de casos d'ús

El model de casos d'ús descriu, fent servir els requeriments funcionals, les seqüències d'esdeveniments que realitzen els actors mentre fan servir el Sistema. Novament, aquesta descripció es fa sense prendre en consideració els aspectes d'implementació ni la tecnologia que es farà servir. El model de casos d'ús comença amb el diagrama de casos d'ús, on s'identifiquen els diferents casos d'ús i es relacionen amb els actors, i finalitza amb l'especificació dels casos d'ús identificats.

5.2.1 Diagrama de casos d'ús

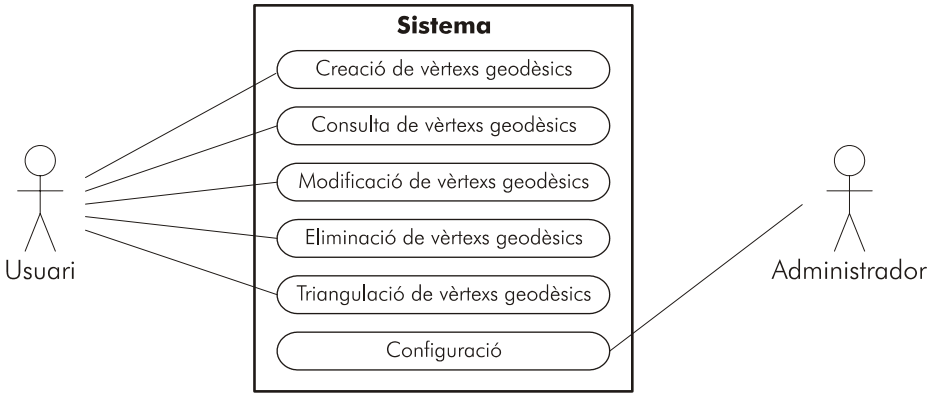


Fig. 38 Diagrama de casos

5.2.2 Especificació de casos d'ús

CAS D'ÚS 1: CREACIÓ DE VÈRTEXS GEODÈSICS

Actors: Usuari
Propòsit: Afegir un nou vèrtex a la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya
Tipus: Primari
Curs típic d'esdeveniments:

1. El cas d'ús comença quan l'usuari escull l'opció de crear un nou vèrtex.
2. L'usuari introdueix les dades del nou vèrtex: dades generals (nom, referència, municipi, xarxa geodèsica, observacions, etc), dades de posicionament (sistema de referència, coordenades UTM i coordenades geogràfiques), dades descriptives físiques (data de

construcció, cossos que el componen i les seves dimensions, situació i itinerari) i imatges (croquis i fotografia).
3. El sistema assigna un codi al nou vèrtex i l'enregistra a la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya.
4. El sistema confirma a l'usuari que l'enregistrament s'ha realitzat sense errors.

Cursos alternatius:

2. L'usuari escull l'opció d'anular la creació del nou vèrtex: el sistema finalitza el cas d'ús.
3a. Alguna de les dades que no poden ser buides (coordenades UTM, altitud, fus, hemisferi, municipi i xarxa geodèsica), ho són: el sistema informa a l'usuari i li demana que introdueixi les dades que manquen.
3b. Ja existeix un altre vèrtex amb les mateixes coordenades UTM i xarxa geodèsica: el sistema informa a l'usuari i li demana que modifiqui les dades.

CAS D'ÚS 2: CONSULTA DE VÈRTEXS GEODÈSICS

Actors: Usuari

Propòsit: Consultar les dades d'un conjunt de vèrtexs geodèsics seleccionats segons les seves dades o de forma espacial en relació a altres dades cartogràfiques de referència

Tipus: Primari

Curs típic d'esdeveniments:

1. El cas d'ús comença quan l'usuari escull l'opció de fer una consulta / modificació.
2. Selecció d'un conjunt de vèrtexs.
3. El sistema mostra una llista amb les dades bàsiques del conjunt de vèrtexs seleccionats..
4. L'usuari selecciona un dels vèrtexs de la llista i escull l'opció de veure la seva fitxa descriptiva o ressenya.
5. El sistema mostra la fitxa descriptiva o ressenya corresponent al vèrtex seleccionat.
6. L'usuari escull l'opció de tancar la fitxa descriptiva o ressenya.
7. El sistema tanca la fitxa descriptiva i salta a l'esdeveniment 3.

Cursos alternatius:

3. L'usuari escull l'opció de sortir de la consulta / modificació de vèrtexs: el sistema finalitza el cas d'ús.

CAS D'ÚS 3: MODIFICACIÓ DE VÈRTEXS GEODÈSICS

Actors: Usuari

Propòsit: Modificar les dades d'un conjunt de vèrtexs geodèsics seleccionats segons les seves dades o de forma espacial en relació a altres dades cartogràfiques de referència

Tipus: Primari

Curs típic d'esdeveniments:

1. El cas d'ús comença quan l'usuari escull l'opció de fer una consulta / modificació.
2. Selecció d'un conjunt de vèrtexs.
3. El sistema mostra una llista amb les dades bàsiques del conjunt de vèrtexs seleccionats..
4. L'usuari selecciona un dels vèrtexs de la llista i escull l'opció de veure la seva fitxa descriptiva o ressenya.
5. El sistema mostra la fitxa descriptiva o ressenya corresponent al vèrtex seleccionat.

6. L'usuari modifica les dades de la fitxa descriptiva o ressenya.
7. El sistema enregistra els canvis a la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya
8. El sistema confirma a l'usuari que l'enregistrament s'ha realitzat sense errors i salta a l'esdeveniment 3.

Cursos alternatius:

3. L'usuari escull l'opció de sortir de la consulta / modificació de vèrtexs: el sistema finalitza el cas d'ús.

7a. Alguna de les dades que no poden ser buides (coordenades UTM, altitud, fus, hemisferi, municipi i xarxa geodèsica), ho són: el sistema informa a l'usuari i li demana que introdueixi les dades que manquen.

7b. Ja existeix un altre vèrtex amb les mateixes coordenades UTM i xarxa geodèsica: el sistema informa a l'usuari i li demana que modifiqui les dades.

CAS D'ÚS 4: ELIMINACIÓ DE VÈRTEXS GEODÈSICS

Actors: Usuari

Propòsit: Esborrar vèrtexs de la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya

Tipus: Primari

Curs típic d'esdeveniments:

1. El cas d'ús comença quan l'usuari escull l'opció de fer una consulta / modificació.
2. Selecció d'un conjunt de vèrtexs.
3. El sistema mostra una llista amb les dades bàsiques del conjunt de vèrtexs seleccionats..
4. L'usuari selecciona un dels vèrtexs de la llista i escull l'opció d'esborrar-lo.
5. El sistema esborra el vèrtex de la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya.
6. El sistema confirma a l'usuari que el vèrtex ha estat esborrat sense errors i torna a l'esdeveniment 3.

Cursos alternatius:

3. L'usuari escull l'opció de sortir de la consulta / modificació de vèrtexs: el sistema finalitza el cas d'ús.

CAS D'ÚS 5: TRIANGULACIÓ DE VÈRTEXS GEODÈSICS

Actors: Usuari

Propòsit: Fer una triangulació d'un conjunt de vèrtexs geodèsics utilitzant l'algorisme de *Delaunay*.

Tipus: Primari

Curs típic d'esdeveniments:

1. El cas d'ús comença quan l'usuari escull l'opció de fer una triangulació.
2. L'usuari escull el conjunt de vèrtexs geodèsics a triangular: els que estan seleccionats gràficament o els vèrtexs d'una determinada xarxa geodèsica. En aquest últim cas, l'usuari també indica la xarxa geodèsica a utilitzar.
3. El sistema calcula la triangulació del conjunt de vèrtexs, fent servir l'algorisme de *Delaunay*.
4. El sistema mostra gràficament el resultat de la triangulació.

Cursos alternatius:

2. L'usuari escull l'opció d'anular la triangulació de vèrtexs: el sistema finalitza el cas d'ús.

3a. L'usuari ha escollit com a conjunt de vèrtexs els que pertanyen a un determinada xarxa, però no ha indicat cap xarxa geodèsica: el sistema informa a l'usuari i li demana que seleccioní una xarxa geodèsica.

3b. El conjunt de vèrtexs seleccionats conté menys de dos vèrtexs: el sistema informa a l'usuari i li demana que seleccioni una altre conjunt de vèrtexs.

CAS D'ÚS 6: CONFIGURACIÓ

Actors: Administrador

Propòsit: Modificar els valors de configuració del sistema.

Tipus: Primari

Curs típic d'esdeveniments:

1. El cas d'ús comença quan l'administrador escull l'opció de configuració.
2. L'administrador canvia els valors de configuració del sistema: base de vèrtexs, missatges, llegendes, etc.
3. El sistema enregistra els canvis a la configuració.

Cursos alternatius:

2. L'administrador escull l'opció de sortir de la configuració: el sistema finalitza el cas d'ús.

CAS D'ÚS 7: SELECCIÓ D'UN CONJUNT DE VÈRTEXS

Cas d'ús 6: Selecció d'un conjunt de vèrtexs.

Actors: Usuari

Propòsit: Seleccionar un conjunt de vèrtexs segons les seves dades o de forma espacial en relació a altres dades cartogràfiques de referència

Tipus: Secundari

Curs típic d'esdeveniments:

1. L'usuari escull l'origen del conjunt de vèrtexs geodèsics a seleccionar: els que estan seleccionats gràficament, el conjunt resultant d'una consulta basada en els seves dades o el conjunt resultant d'una consulta espacial.

2a. L'usuari ha escollit el conjunt de vèrtexs resultant d'una consulta basada en els seves dades: l'usuari introdueix les condicions que han de complir els vèrtexs seleccionats (codi, nom, número, MTN, MTC, data de construcció i xarxa geodèsica).

2b. L'usuari ha escollit el conjunt de vèrtexs resultant d'una consulta espacial: l'usuari introdueix les condicions que han de complir els vèrtexs seleccionats (dades dels vèrtexs seleccionats –codi, nom, número, MTN, MTC, data de construcció i xarxa geodèsica–, l'operador espacial, el conjunt d'elements de referència –províncies, comarques, municipis o elements representatius– i la condició que han de complir el conjunt d'elements de referència: nom i número d'habitants).

3. El sistema selecciona els vèrtexs que formen part de la consulta.

Cursos alternatius:

1. L'usuari escull l'opció de sortir de la consulta / modificació de vèrtexs: el sistema finalitza aquest cas d'ús i el cas d'ús primari.
2. L'usuari escull l'opció de sortir de la consulta / modificació de vèrtexs: el sistema finalitza aquest cas d'ús i el cas d'ús primari.
3. No hi ha cap vèrtex que compleixi les condicions de la consulta: el sistema informa a l'usuari i li demana que modifiqui les dades de selecció.

Capítol 6
Disseny

El procés o etapa de disseny té l'objectiu de definir, de forma dependent de la tecnologia que es fa servir, com el Sistema farà que el que ha estat descrit en les dues etapes anteriors: l'anàlisi de requeriments i l'especificació. Com a resultat del disseny s'obté: l'estructura interna del sistema de software, coneguda també com arquitectura del software; el model físic de dades, obtingut a partir del model conceptual; el disseny de la interfície, obtingut a partir d'un model d'interfície i, finalment, el disseny dels programes. El capítol comença descrivint el model de dades. A continuació, es descriu l'arquitectura del Sistema i el model d'objectes de *GeoMedia*. Finalment, es mostra la interfície utilitzada.

6.1 Model de dades

El model de dades descriu l'estructura que utilitza el sistema de software per a emmagatzemar les dades persistents. Aquest model es dissenya a partir del model conceptual (vist a l'apartat 5.1) i es pot descriure a dos nivells: lògic i físic. Com a resultat, s'obtenen els models lògic i físic de dades respectivament. Mentre el disseny lògic només pren en consideració el model de base de dades que es farà servir (relacional, jeràrquic, en xarxa, semàntic, orientat a objectes, etc), el disseny físic orienta el disseny cap a un gestor de base de dades concret (Oracle, SQL Server, DB2, Informix, etc). A continuació, i per una qüestió d'espai, només es descriu el model físic de dades i les decisions de disseny.

6.1.2 Disseny físic

El disseny físic textual de la base de dades relacional del Sistema utilitzant el gestor de base de dades *Oracle® Database 10g Express Edition*, és el següent:

```
-- Taula amb geometria de tipus imatge que emmagatzema els ortofotomapes utilitzats per digitalitzar els elements
-- representatius. L'atribut tipus conté 1 si la imatge correspon a un ortofotomapa o 2, si correspon a una imatge normal.
CREATE TABLE imatges (
  codi       NUMBER(*,0),
  tipus      NUMBER(*,0) CONSTRAINT ck_tipus_imatges CHECK (tipus in (1,2)),
  descripcio VARCHAR2(50),
  geometry   MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_imatges PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula sense geometria que emmagatzema els noms i ordres de les xarxes geodèsiques.
CREATE TABLE xarxes (
  codi    NUMBER(*,0),
  nom     VARCHAR2(50) CONSTRAINT nn_nom_xarxas NOT NULL,
  ordre   NUMBER(*,0)  CONSTRAINT nn_ordre_xarxas NOT NULL
                       CONSTRAINT ck_ordre_xarxes CHECK (ordre between 1 and 5),
  CONSTRAINT pk_xarxes PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula sense geometria que emmagatzema els noms i dades dels sistemes de referència.
CREATE TABLE sistemes (
  codi      NUMBER(*,0),
  nom       VARCHAR2(50) CONSTRAINT nn_nom_sistemes NOT NULL,
  elipsoide VARCHAR2(50),
  CONSTRAINT pk_sistemes PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula amb geometria de tipus text que emmagatzema les etiquetes amb els topònims de les províncies (atribut tipus igual a
-- 1), comarques (atribut tipus igual a 2) i municipis (atribut tipus igual a 3)
CREATE TABLE toponims (
  codi     NUMBER(*,0),
  tipus    NUMBER(*,0) CONSTRAINT ck_tipus_toponims CHECK (tipus between 1 and 3),
  geometry MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_toponims PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula amb geometria de tipus àrea que emmagatzema les àrees i topònims de les comunitats autònomes.
CREATE TABLE comunitatsautonomes (
  codi       NUMBER(*,0),
  nom        VARCHAR2(60) CONSTRAINT nn_nom_comauto NOT NULL,
  geometry   MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_comauto PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula amb geometria de tipus àrea que emmagatzema les àrees i topònims de les províncies.
CREATE TABLE provincies (
  codi         NUMBER(*,0),
  nom          VARCHAR2(30) CONSTRAINT nn_nom_provincies NOT NULL,
  areageometry MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_provincies PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula amb geometria de tipus àrea que emmagatzema les àrees i topònims de les comarques.
CREATE TABLE comarques (
  codi         NUMBER(*,0),
  nom          VARCHAR2(30) CONSTRAINT nn_nom_comarques NOT NULL,
  areageometry MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_comarques PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula amb geometria de tipus àrea que emmagatzema per cada municipi: l'àrea, el topònim, el topònim normalitzat (article al
-- final del nom), el número d'habitants, així com la província i comarca on està situat.
CREATE TABLE municipis (
  codi           NUMBER(*,0),
  nom            VARCHAR2(60),
  nomnormalitzat VARCHAR2(60),
  comarca        NUMBER(*,0),
  provincia      NUMBER(*,0),
  habitants      NUMBER(*,0) CONSTRAINT ck_habitants_municipis CHECK (habitants >= 0),
  areageometry   MDSYS.SDO_GEOMETRY,
```

```
  CONSTRAINT pk_municipis PRIMARY KEY (codi),
  CONSTRAINT fk_com_municipis FOREIGN KEY (comarca) REFERENCES comarques,
  CONSTRAINT fk_prov_municipis FOREIGN KEY (provincia) REFERENCES provincies
);

-- Taula amb geometria de tipus composta que emmagatzema la digitalització i el nom dels elements representatius, així com
-- el municipi on són.
CREATE TABLE elementsrepresentatius (
  nom       VARCHAR2(50),
  municipi  NUMBER(*,0),
  geometry  MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_elements PRIMARY KEY (nom),
  CONSTRAINT fk_municipi_elemrep FOREIGN KEY (municipi) REFERENCES municipis
);

-- Taula amb geometria de tipus punt que emmagatzema dades i la localització dels punts geodèsics.
CREATE TABLE vertexsgeodesics (
  codi            NUMBER(*,0),
  nom             VARCHAR2(50),
  ref             VARCHAR2(20) ,
  MTN             NUMBER(*,0),
  MTC             VARCHAR2(15),
  municipi        NUMBER(*,0),
  xarxa           NUMBER(*,0),
  sistema         NUMBER(*,0),
  UTMX            NUMBER(*,38),
  UTMY            NUMBER(*,38),
  altura          NUMBER(*,2),
  fus             NUMBER(2,0) CONSTRAINT ck_fus_vertexs CHECK (fus>=1 and fus<=60),
  hemisferi       VARCHAR2(1) CONSTRAINT ck_hemisferi_imatges CHECK (hemisferi in ('N','S')),
  factorescala    NUMBER(*,10),
  convergenciag   NUMBER(2,0) CONSTRAINT ck_converg_vertexs CHECK (convergenciag>=0 and
                                                                   convergenciag<90),
  convergenciam   NUMBER(2,0) CONSTRAINT ck_converm_vertexs CHECK (convergenciam>=0 and
                                                                   convergenciam<60),
  convergencias   NUMBER(*,38) CONSTRAINT ck_convers_vertexs CHECK (convergencias>=0 and
                                                                    convergencias<60),
  latitudg        NUMBER(2,0) CONSTRAINT ck_latitudg_vertexs CHECK (latitudg between -90 and
                                                                    90),
  latitudm        NUMBER(2,0) CONSTRAINT ck_latitudm_vertexs CHECK (latitudm>=0 and
                                                                    latitudm<60),
  latituds        NUMBER(*,38) CONSTRAINT ck_latituds_vertexs CHECK (latituds>=0 and
                                                                     latituds<60),
  longitudg       NUMBER(2,0) CONSTRAINT ck_longitud_vertexs CHECK (longitudg between -180 and
                                                                    180),
  longitudm       NUMBER(2,0) CONSTRAINT ck_longitudm_vertexs CHECK (longitudm>=0 and
                                                                     longitudm<60),
  longituds       NUMBER(*,38) CONSTRAINT ck_longituds_vertexs CHECK (longituds>=0 and
                                                                      longituds<60),
  dataconstruccio DATE,
  alcariapilar    NUMBER(*,1),
  diametrepilar   NUMBER(*,1),
  cossos          NUMBER(3,0),
  alcariacossos   NUMBER(*,1),
  situacio        CLOB,
  itinerari       CLOB,
  observacions    CLOB,
  croquis         VARCHAR2(256),
  foto            VARCHAR2(256),
  geometry        MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_vertexs PRIMARY KEY (codi),
  CONSTRAINT fk_municipi_vertexs FOREIGN KEY (municipi) REFERENCES municipis,
  CONSTRAINT fk_xarxa_vertexs FOREIGN KEY (xarxa) REFERENCES xarxes,
  CONSTRAINT fk_sistema_vertexs FOREIGN KEY (sistema) REFERENCES sistemes
);

-- Taula amb geometria de tipus línia que emmagatzema el perímetre de les comunitats autònomes.
CREATE TABLE limitscomautonomes (
  codi               NUMBER(*,0),
  borde_areageometry MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_limitscomauto PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula amb geometria de tipus línia que emmagatzema el perímetre de les províncies.
CREATE TABLE limitsprovincies (
  codi               NUMBER(*,0),
```

```
  borde_areageometry MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_limitsprov PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula amb geometria de tipus línia que emmagatzema el perímetre de les comarques.
CREATE TABLE limitscomarques (
  codi           NUMBER(*,0),
  lineargeometry MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_limitscom PRIMARY KEY (codi)
);

-- Taula amb geometria de tipus línia que emmagatzema el perímetre dels municipis. A més, l'atribut limitcomarca indica si el
-- perímetre coincideix amb el de la comarca.
CREATE TABLE limitsmunicipis (
  codi            NUMBER(*,0),
  limitcomarca    NUMBER(*,0) CONSTRAINT ck_lcomarca_limitsmun CHECK (limitcomarca between 0
                                                                      and 1),
  lineargeometry  MDSYS.SDO_GEOMETRY,
  CONSTRAINT pk_limitsmun PRIMARY KEY (codi)
);

-- Seqüències utilitzades per GeoMedia per a assignar valors automàticament a les claus primàries de les taules imatges,
-- topònims i vertexsgeodesics.

CREATE SEQUENCE seq_imatges MINVALUE 1 INCREMENT BY 1 START WITH 1;
CREATE SEQUENCE seq_toponims MINVALUE 1 INCREMENT BY 1 START WITH 1;
CREATE SEQUENCE seq_vertexsgeodesics MINVALUE 1 INCREMENT BY 1 START WITH 1;

-- Generació dels índexs RTree sobre els atributs de tipus geomètric de les taules amb geometria perquè tant GeoMedia com
-- Oracle permetin executar consultes espacials.

CREATE INDEX imatges_idx ON imatges(geometry) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
CREATE INDEX toponims_idx ON toponims(geometry) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
CREATE INDEX comauto_idx ON comunitatsautonomes(geometry) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
CREATE INDEX provincies_idx ON provincies(areageometry) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
CREATE INDEX comarques_idx ON comarques(areageometry) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
CREATE INDEX municipis_idx ON municipis(areageometry) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
CREATE INDEX elements_idx ON elementsrepresentatius(geometry) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX
CREATE INDEX vertexs_idx ON vertexsgeodesics(geometry) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
CREATE INDEX limitscomauto_idx ON limitscomautonomes(borde_areageometry)
       INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
CREATE INDEX limitsprov_idx ON  limitsprovincies(borde_areageometry)
       INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
CREATE INDEX limitscom_idx ON limitscomarques(lineargeometry) INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX
CREATE INDEX limitsmun_idx ON limitsmunicipis (lineargeometry)
       INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX;
```

6.1.2 Decisions de disseny

1. Tot i que al model conceptual la cardinalitat de l'associació "*pertany a*" des de *VertexGeodesic* cap a *Xarxa* és 1..*, al disseny físic és només 1. Aquesta limitació és deguda a que *GeoMedia* no permet fer *joins* a les consultes espacials, ja que els *recordsets* han de crear-se mitjançant *pipes* i aquestes només poden treballar amb una taula. Encara que es podria aconseguir el mateix resultat fent servir vistes actualitzables a *Oracle*, això complicaria el projecte innecessàriament. Per tant, per a permetre que un mateix vèrtex pugi pertànyer a més d'una xarxa geodèsica, cal crear-ne un de nou per cada xarxa repetint les coordenades.
2. La classe *ElementGeometric* del model conceptual està representada al model físic mitjançant l'atribut *MDSYS.SDO_GEOMETRY*.
3. Al model conceptual només calia conèixer el perímetre de les províncies, comarques i municipis. Tanmateix, a *GeoMedia* cal conèixer també l'àrea que aquest perímetre tanca. L'àrea es fa servir a les consultes espacials i les línees que formen el perímetre es fan servir per a dibuixar els seus límits segons la capa. Degut a que *GeoMedia* no permet gestionar dins de la mateixa taula dos atributs de geometria, l'àrea s'emmagatzema a les taules que es corresponen directament amb les classes del model conceptual (*provincies*, *comarques* i *municipis*) i s'han creat tres noves taules per emmagatzemar els seus límits: *limitsprovincies*, *limitscomarques* i *limitsmunicipis*.

4. A *GeoMedia* cal crear una capa amb l'àrea de Catalunya i una altra amb el seu contorn. Com aquesta informació no estava contemplada al model conceptual, s'han creat dues taules per tal d'emmagatzemar aquesta informació: *comunitatsautonomes* i *limitscomunitatsautomes*. La primera emmagatzema l'àrea de Catalunya i la segona, el seu perímetre.
5. A la taula *vertexsgeodesics* no s'ha pogut limitar el número de dígits sencers dels atributs amb decimals perquè *GeoMedia* fa servir sempre el tipus *FLOAT* i es produeix un desbordament. Així, per exemple, en lloc de definir l'atribut *diametrepilar* com a *NUMBER(2,1)*, s'ha hagut de definir com a *NUMBER(*,1)*.
6. Tot i que els ortofotomapes s'emmagatzemen a la taula *imatges*, que es correspon directament amb la classe *Imatge* del model conceptual, les imatges dels croquis i les fotografies dels vèrtexs geodèsics s'emmagatzemen en els seus arxius natius. Així, els atributs *croquis* i *foto* de la taula *vertexsgeodesics* contenen el nom i directori dels arxius que emmagatzemen les imatges.
7. Els graus, minuts i segons dels valors sexagesimals corresponents a la latitud, longitud i convergència s'han emmagatzemat en atributs separats, per tal de no perdre precisió.
8. S'han omès deliberadament les restriccions *UNIQUE* de les claus alternatives perquè el poc volum d'informació fa que sigui més eficient l'accés a les taules sense la gestió dels índexs *UNIQUE* associats.

6.1.3 Integració a *GeoMedia*

El suport natiu que l'entorn gràfic de *GeoMedia* ofereix per a gestionar el model d'objectes d'esquema d'Oracle és molt limitat. Així, tot i que es poden definir classes d'entitat i manipular el seu contingut, no es pot revisar la seva definició un cop creada. A més, no es garanteix la consistència i integritat de la BD (regles d'integritat referencial i regles d'integritat de domini), ja que no es poden gestionar restriccions. Així mateix, tampoc es poden gestionar índexs, privilegis, procediments emmagatzemats ni consultes en forma de *joins*. Per tant, la millor opció es definir l'esquema de la BD corresponen al model físic a Oracle i després importar-lo dins de *GeoMedia*, tal i com s'indica a continuació:

1. **Definir un arxiu de sistema de coordenades**. Fent servir la utilitat "*Definir archivo de sistema de coordenadas*" es defineix l'arxiu *VertexsGeodesics.csf*, amb els següents paràmetres: Sistema de coordenades de tipus *projecció*, sistema de projecció *Universal Transversal Mercator*, Zona *31*, Hemisferi *Norte*, datum geodèsic *European 1950*, datum vertical *Unspecified* i, finalment, unitats d'emmagatzemament vertical i horitzontal *d'1 m*.
2. **Crear el *GeoWorkspace* del projecte**. Fent servir l'opció "*Geoworkspace nuevo*" del menú *Archivo*, es selecciona la plantilla *normal.gwt* i es prem el botó *Nuevo*. A continuació, es defineix el sistema de coordenades del *GeoWorkpsace*, carregant l'arxiu *VertexsGeodesics.csf* mitjançant l'opció "*Sistema de coordenadas del GeoWorkspace*" del menú *Ver*. Finalment, i fent servir l'opció "*Guardar GeoWorkspace como*", es guarda el *GeoWorkpsace* com a *VertexsGeodesics.gws.*
3. **Crear la connexió amb el magatzem d'Oracle.** Fent servir l'opció "*Conexión nueva*" del menú *Almacén*, es selecciona el tipus de connexió "*Modelo de Objetos Oracle - Lectura y escritura*"; s'introdueix *BD VertexsGeodesics* com a nom de la connexió i, finalment, s'introdueixen l'usuari i contrasenya –creat prèviament dins d'Oracle– que farà servir *GeoMedia* per accedir a la BD d'Oracle.
4. **Crear les metadades de les taules.** Independentment del tipus de taula, amb geometria o sense, *GeoMedia* necessita tenir les seves metadades (nom i tipus dels seus atributs). Per tant, es carrega la utilitat "*Utilidades de bases de datos*", es selecciona el tipus de base de dades *Oracle Object Model* i s'introdueix l'usuari que es farà servir per l'accés a la BD. A continuació, i mitjançant l'opció

"*Insertar metadatos de clase de entidad*", es seleccionen totes les taules del model físic, es passen a la llista de la dreta i es prem el botó *Aceptar.*

5. **Associar les seqüències a les taules.** Cal associar les seqüències *seq_imatges*, *seq_toponims* i *seq_vertexsgeodesics* a les taules *imatges*, *toponims* i *vertexsgeodesics* respectivament. Per tal de fer això, i continuant amb la mateixa utilitat del pas anterior, cal fer el següent per cada seqüència: mitjançant l'opció "*Editar metadatos de clase de entidad*", s'escull la taula i es pren el botó *Propiedades*. A continuació, es canvia el tipus de dades de l'atribut *codi* a *AutoNumber* i es selecciona la seqüència corresponent amb el botó "*cambiar secuencia*".
6. **Assignar el tipus de geometria a les taules.** Cal assignar els següents tipus de geometria a les taules indicades: *SpatialCoverage* a *imatges*; *GraphicText* a *toponims*; *SpatialArea* a *comunitatsautonomes*, *provincies*, *comarques* i *municipis*; *SpatialAny* a *elementsrepresentatius*; *SpatialPoint* a *vertexsgeodesics* i, finalment, *SpatialLine* a *limitscomautonomes*, *limitsprovincies*, *limitscomarques* i *limitsmunicipis*. Per cada assignació, i fent servir la mateixa utilitat del pas anterior, cal fer el següent: mitjançant l'opció "*Editar metadatos de clase de entidad*", s'escull la taula i es pren el botó *Propiedades*. A continuació, es canvia el tipus de geometria dins de la fitxa *Geometría*.
7. **Assignar el sistema de coordenades a les taules.** Fent servir la mateixa utilitat del pas anterior, s'escull l'opció "*Asignar sistema de coordenadas*", es selecciona cadascuna de les taules i s'assigna el sistema de coordenades *VertexsGeodesics*, a més de marcar-lo com a predeterminat.

A partir d'aquest moment, per a realitzar qualsevol modificació a l'esquema de la base dades que impliqui un canvi en els atributs de les taules cal fer el següent, per cadascuna de les taules afectades pel canvi: eliminar les metadades de la taula fent servir la utilitat "*Utilidades de bases de datos*", realitzar les modificacions a Oracle i, finalment, tornar a repetir els passos 4 a 7 amb aquestes taules.

6.2 Arquitectura del Sistema

L'arquitectura del Sistema descriu l'estructura interna del sistema de software fent una breu descripció dels seus subsistemes, components i de les relacions entre ells. Per una qüestió d'espai, només es tractaran quatre aspectes: el tipus de patró arquitectònic, l'estructura global dels components, l'ús del registre de *Windows* i, finalment, l'estructura interna d'un tipus concret de component: les comandes d'aplicació.

6.2.1 Patró arquitectònic

Per tal d'aconseguir les propietats exposades als requeriments no funcionals, el Sistema fa servir una arquitectura en tres capes. En aquest patró, cada capa té les següents funcions:

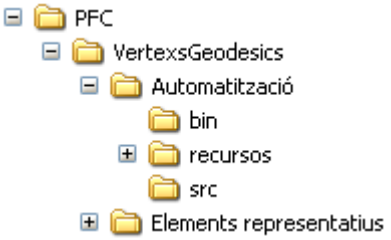
Capa de presentació: responsable de la interacció amb l'usuari.
Capa de domini: responsable de la implementació de les funcionalitats del Sistema.
Capa de dades: responsable de la interacció amb el gestor de dades.

Per tant, l'estructura de les dades és independent del seu ús i de la seva representació, de forma que un canvi en qualsevol de les tres (estructura, ús i representació) només afecta a una de les capes; les altres es poden reutilitzar. Així, l'arquitectura és canviable, reusable i portable.

6.2.2 Components

Els components d'automatització del sistema de software estan distribuïts en tres directoris:

bin	Conté les llibreries DLL que s'obtenen com a resultat del procés de desenvolupament
recursos	Conté els recursos gràfics utilitzats durant el desenvolupament i que finalment s'integren dins de les llibreries finals.
src	Conté els arxius fonts que es fan servir durant el procés de desenvolupament.



src

GeoVerCommands.vbp	Arxiu de projecte de Visual Basic.
GeoVerNewForm.frm	Formulari per a afegir nous vèrtexs (capa de presentació).
GeoVerQueryForm.frm	Formulari per a consultar i modificar vèrtexs (capa de presentació).
GeoVerDelauneyForm.frm	Formulari per a triangular vèrtexs (capa de presentació).
GeoVerSetupForm.frm	Formulari per a configurar el Sistema (capa de presentació).
VertexListForm.frm	Formulari per a mostrar una llista de vèrtexs que es poden consultar, modificar o esborrar (capa de presentació).
GeodesicVertex.cls	Implementació de la interfície IGeodesicVertex.
IGeodesicVertex.cls	Interfície que representa les dades d'un vèrtex geodèsic de forma neutral per les capes (presentació, domini i dades).
GeoVerGeneralMod.bas	Mòdul de Visual Basic amb les funcions comuns de la capa de presentació.
GeoVerNew.cls	Comanda de *GeoMedia* per a afegir nous vèrtexs.
GeoVerQuery.cls	Comanda de *GeoMedia* per a consultar, esborrar o modificar vèrtexs
GeoVerDelaunay.cls	Comanda de *GeoMedia* per a triangular vèrtexs
GerVerSetup.cls	Comanda de *GeoMedia* per a configurar el Sistema.
GeoVerBusiness.cls	Implementació de la capa de domini.
GeoVerData.cls	Implementació de la capa de gestió de dades.
GeoVerCommands.rc	Arxiu de definició de recursos.
GeoVerCommands.res	Arxiu resultant del procés de compilació de l'arxiu de definició recursos.
Triangle.cls	Classe que representa els triangles de *Delaunay*.
Point.cls	Classe que representa punt geomètric.
ImageViewer.cls	Visualitzador d'imatges GDI+.
RegistryKey.cls	Gestió del registre de Windows.
Win32.cls	Encapsula funcionalitat de Win32.
Recursos.bat	Arxiu per a compilar els recursos definits a l'arxiu de definició de recursos *GeoVerCommands.rc* i obtenir l'arxiu *GeoVerCommands.res*.

bin

GeoVerManager.dll	Llibreria que conté les comandes d'aplicació per a gestionar els vèrtexs geodèsics a *GeoMedia*.
GeoVerManager.xml	Arxiu XML amb la definició de les comandes d'aplicació.
Instalar.bat	Arxiu per a instal·lar les comandes d'aplicació.
Desinstalar.bat	Arxiu per a desinstal·lar les comandes d'aplicació.
Llibreria.bat	Arxiu per a instal·lar les llibreries externes que el Sistema necessita.
GDIPlus.tlb	Llibreria de definició de tipus de GDI+.
GDIPlusWrapper.dll	Llibreria per a poder fer servir GDI+ des de Visual Basic 6.
Mscomct2.ocx	Control OCX que cal instal·lar, si no existeix ja a Windows XP.

Tot i que Visual Basic 6 té un editor de recursos propi que permet tractar l'arxiu de definició de recursos de forma automàtica, no es pot fer servir. Això és degut a que la seva implementació és antiga i no reconeix els formats gràfics actuals, com les icones *TrueColor* de *Windows XP* o les imatges *PNG*. Per tant, cal fer servir el procediment clàssic per a declarar i compilar recursos: definir els recursos dins d'un arxiu *rc*, fer servir el compilador rc.exe per a compilar l'arxiu de definició de recursos i obtenir així un arxiu *res*. Tanmateix, aquest arxiu ja ha estat generat durant el procés de desenvolupament i, per tant, només cal afegir-lo al projecte de Visual Basic per a fer-lo servir.

Per tal de simplificar i reduir el número d'arxius de la solució, tots els components es troben dins del mateix projecte i generen una mateixa llibreria *DLL*. Això no obstant, la separació lògica que s'ha fet dels components del Sistema, degut a l'arquitectura en tres capes, permetria fàcilment una separació física amb l'agrupació dels arxius en quatre projectes diferents, creant així quatre llibreries *DLL*: una llibreria amb la capa de presentació, una altra amb la capa de domini, una tercera amb la capa de gestió de dades i, finalment, una quarta llibreria amb els recursos. A més, encara que amb una mica més d'esforç, també es podria dividir la llibreria de recursos en dues: una amb els recursos que depenen de l'idioma i una altra, amb els recursos independents de l'idioma. Així, amb aquesta estructura en llibreries, un canvi en qualsevol de les capes o en l'idioma només suposaria substituir l'arxiu de llibreria corresponent, sense haver de tronar a compilar i generar les altres.

6.2.3 Comandes d'aplicació

El model de procés de *GeoMedia* permet fins a tres alternatives per a implementar noves funcionalitats: inserir els seus components dins d'una nova aplicació, fer-lo servir com a aplicació servidor i, finalment, afegir noves comandes dins del seu entorn gràfic. En el primer cas, les finestres de mapa o llegenda estarien inserides dins d'una nova aplicació, amb el seu propi entorn gràfic. En el segon cas, l'aplicació de *GeoMedia* seguiria executant-se però sota el control d'una altra aplicació. Finalment, la tercera implica crear noves funcions en forma d'icones o opcions de menú dins de l'entorn gràfic de *GeoMedia*. L'opció ideal és sens dubte la primera, però la limitació en el temps de desenvolupament que imposa el projecte fa que la única viable sigui la creació de noves comandes.

Teòricament, a *GeoMedia* es poden crear dos tipus de comanades: comandes d'usuari i comandes d'aplicació. Tanmateix, a la pràctica són noms diferents que designen el mateix. Així, les comandes que es podien crear amb versions anteriors (arxius INI), s'anomenaven d'usuari i les que es poden crear amb la versió actual (arxius XML) s'anomenen d'aplicació. Per tal de crear comandes d'aplicació, hi ha dues alternatives: fer servir l'assistent de comandes, que s'integra dins de l'entorn de desenvolupament de Visual Basic durant la instal·lació de *GeoMedia*, o crear l'entorn manualment. L'assistent de comandes fa el següent:

- Creació d'un arxiu INI per a comandes d'usuari
- Creació d'un arxiu XML per a comandes d'aplicació
- Creació d'un projecte "*DLL ActiveX*" a *Visual Basic 6*
- Registre de les comandes fent servir regsvr32.

Tanmateix, l'arxiu INI no es necessari per a les comandes d'aplicació i es pot esborrar. A més, l'assistent crea un model de procés en què cada comanda té la seva llibreria DLL i el seu arxiu de definició XML. Aquest model és poc eficient, ja que cada comanda carrega una nova DLL a memòria i, degut al seu funcionament, *GeoMedia* no la descarregarà fins que es tanqui l'aplicació. Per tant, es millor crear l'entorn manualment. Per tal de fer-ho, cal seguir els següents passos:

1. Crear un projecte "*DLL ActiveX*" a *Visual Basic 6*.

2. Crear tants arxius de classe (CLS) com comandes d'aplicació hi hagin, declarant com a públics tant la classe com els mètodes que l'entorn de *GeoMedia* necessita cridar.
3. Crear un únic arxiu XML amb la definició de totes les comandes.
4. Crear tots els formularis, classes i mòduls dins de l'entorn de desenvolupament de *Visual Basic 6* que necessiti l'aplicació.
5. Generar la llibreria DLL amb l'opció "*Generar dll*" del menú *Archivo*.
6. Registrar els components del servidor amb la utilitat *regsvr32*.
7. Registrar cadascuna de les comandes amb la utilitat *installappcmd*, amb el format:

```
Installappcmd /cmdset <nom de la comanda> /loc <directori on es troba l'arxiu XML>
              /dll <directori on es troba la llibreria DLL>
```

Com ha estat apuntat al pas 2, les classes que representen les comandes han de declarar com a públics alguns mètodes. Aquests mètodes depenen de si les comandes són modals (sense el seu propi bucle de missatges) o no (amb el seu propi bucle de missatges). Com amb *Visual Basic GeoMedia* només permet crear comandes modals, aquest són els mètodes que cal declarar:

```
Sub Initialize (ByVal app As Object, ByVal listener As Object)
```

Mètode cridat per *GeoMedia* quan es carrega la llibreria DLL on són les comandes. En el primer paràmetre es passa la referència a l'objecte *Application*, que representa l'aplicació de *GeoMedia* en execució i que la comanda necessita per a utilitzar el model d'objectes. El segon paràmetre només es fa servir en comades no modals i, per tant, no cal fer res amb ell.

```
Sub Acivate ()
```

Mètode cridat per *GeoMedia* cada cop que cal executar la comanda.

```
Function CanEnable () As Boolean
```

Mètode cridat per *GeoMedia* per conèixer si la comanda està preparada per a executar-se.

```
Sub Terminate ()
```

Mètode cridat per *GeoMedia* quan es descarrega la llibreria DLL on són les comandes.

Quant a l'arxiu XML, les comandes es defineixen fent servir elements *ApplicationCommand* amb l'element *ApplicationCommands* com a arrel. Al seu torn, cada element *ApplicationCommand* està composat dels següents elements:

- **ProgID**: identificador de la comanda al registre. Típicament <programa>.<component>.
- **DllName**: nom de la llibreria on es troba la comanda.
- **BitmapRootFileName**: primera part dels noms dels quatre *bitmaps* que contenen les icones, als quals se'ls afegiran els sufixes *lc.bmp* , *_lm.bmp, _sc.bmp, _sm.bmp*, que corresponen amb *large color*, *large monochrome, small color,* i *small monochrome.*
- **Description**: descripció de la comanda que serà mostrada a la barra d'estat.
- **Tooltip**: text que es mostrarà al mantenir el cursor del ratolí sobre la icona de la comanda.
- **EnableMask**: esdeveniments que la comanda vol rebre.
- **IsModal**: indica si la comanda és modal o no (*modeless*).
- **ModelessCommandPriority**: prioritat de la comanda respecte d'altres.
- **ModelessListenerMask**: esdeveniments que la comanda vol rebre com a escoltador de vistes.

Finalment, aquest és l'arxiu XML de definició de les comandes creades en aquest projecte:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ApplicationCommands xmlns="http://www.intergraph.com/GeoMedia/appcmd"
                     xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" version="1.0">

  <!-- Creació de nous vèrtexs geodèsics -->
  <ApplicationCommand>
    <ProgID>GeoMediaCommand.GeoVerNew</ProgID>
    <DllName>GeoVerManager.dll</DllName>
    <BitmapRootFileName></BitmapRootFileName>
    <Description>Nou vèrtex</Description>
    <Tooltip>Nous vèrtexs</Tooltip>
    <EnableMask>1</EnableMask>
    <IsModal>1</IsModal>
    <ModelessCommandPriority>NotAMapViewListener</ModelessCommandPriority>
    <ModelessListenerMask>0</ModelessListenerMask>
  </ApplicationCommand>

  <!-- Consulta / Modificació de vèrtexs geodèsics -->
  <ApplicationCommand>
    <ProgID>GeoMediaCommand.GeoVerQuery</ProgID>
    <DllName>GeoVerManager.dll</DllName>
    <BitmapRootFileName></BitmapRootFileName>
    <Description>Consulta/Modificació</Description>
    <Tooltip>Consulta i modificació de vèrtexs</Tooltip>
    <EnableMask>1</EnableMask>
    <IsModal>1</IsModal>
    <ModelessCommandPriority>NotAMapViewListener</ModelessCommandPriority>
    <ModelessListenerMask>0</ModelessListenerMask>
  </ApplicationCommand>

  <!-- Implementa l'algorisme de Delaunay sobre un conjunt de vèrtexs -->
  <ApplicationCommand>
    <ProgID>GeoMediaCommand.GeoVerDelaunay</ProgID>
    <DllName>GeoVerManager.dll</DllName>
    <BitmapRootFileName></BitmapRootFileName>
    <Description>Triangulació</Description>
    <Tooltip>Implementa l'algorisme de triangulació de Delaunay</Tooltip>
    <EnableMask>1</EnableMask>
    <IsModal>1</IsModal>
    <ModelessCommandPriority>NotAMapViewListener</ModelessCommandPriority>
    <ModelessListenerMask>0</ModelessListenerMask>
  </ApplicationCommand>

  <!-- Configuració del gestor de vèrtexs geodèsics -->
  <ApplicationCommand>
    <ProgID>GeoMediaCommand.GeoVerSetup</ProgID>
    <DllName>GeoVerManager.dll</DllName>
    <BitmapRootFileName></BitmapRootFileName>
    <Description>Configuració</Description>
    <Tooltip>Configuració del gestor de vèrtexs geodèsics</Tooltip>
    <EnableMask>1</EnableMask>
    <IsModal>1</IsModal>
    <ModelessCommandPriority>NotAMapViewListener</ModelessCommandPriority>
    <ModelessListenerMask>0</ModelessListenerMask>
  </ApplicationCommand>

</ApplicationCommands>
```

6.2.4 Registre de Windows

El Sistema fa servir el registre de Windows per a emmagatzemar les dades persistents de configuració del Sistema i organització de la capa de presentació, en lloc de fer-ho a la base de dades d'*Oracle*. Com es pot veure a la figura 39, les dades s'emmagatzemen dins de la clau *GeoVerManager*, a l'apartat de programari de la màquina i com mostra la figura 40, ho fan en forma de *valors* que pengen d'aquesta clau.

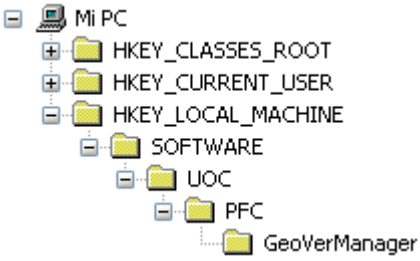


Fig. 39 Clau del Sistema al

Les dades que emmagatzema el Sistema estan compostes pel nom de la connexió que farà servir per a accedir a la base de dades d'Oracle (valor *Database*) i la posició dels formularis a pantalla, l'última vegada que l'usuari els va tancar. Així, cada cop que l'usuari tanca un formulari, el Sistema recorda la seva posició i el situa en aquesta mateixa posició la següent vegada que l'obre. A més, en el cas del formulari que mostra la llista de vèrtexs resultants d'una consulta (*VertexListForm*), també emmagatzema la seva grandària. Com mostra la figura la figura 40, el nom d'aquests valors tenen com a primer component el nom del formulari i com a segon, el nom de la dada que enregistren. Finalment, com el Sistema necessita el nom de la connexió per tal d'accedir a la base de dades que conté la informació dels vèrtexs, cada cop que es posa en marxa recupera aquesta informació del registre i si no la troba, no permet executar cap altra comanda tret de la de configuració, per tal d'establir aquest valor.

Nom	Tipus	Dades	Descripció
(Predeterminado)	REG_SZ	(valor no establecido)	
Database	REG_SZ	BD VertexsGeodesics	Nom de la connexió amb el magatzem d'Oracle
GeoVerDelaunayForm.Cx	REG_SZ	5640	Coordenada X del formulari GeoVerDelaunayForm
GeoVerDelaunayForm.Cy	REG_SZ	2835	Coordenada Y del formulari GeoVerDelaunayForm
GeoVerNewForm.Cx	REG_SZ	5955	Coordenada X del formulari GeoVerNewForm
GeoVerNewForm.Cy	REG_SZ	2985	Coordenada Y del formulari GeoVerNewForm
GeoVerQueryForm.Cx	REG_SZ	6870	Coordenada X del formulari GeoVerQueryForm
GeoVerQueryForm.Cy	REG_SZ	2445	Coordenada Y del formulari GeoVerQueryForm
GeoVerSetupForm.Cx	REG_SZ	6060	Coordenada X del formulari GeoVerSetupForm
GeoVerSetupForm.Cy	REG_SZ	2985	Coordenada Y del formulari GeoVerSetupForm
VertexListForm.Cx	REG_SZ	4860	Coordenada X del formulari VertexListForm
VertexListForm.Cy	REG_SZ	3675	Coordenada Y del formulari VertexListForm
VertexListForm.Height	REG_SZ	2595	Altura del formulari VertexListForm
VertexListForm.Width	REG_SZ	9585	Amplada del formulari VertexListForm

Fig. 40 Llista dels *valors* que el Sistema emmagatzema al registre de

6.3 Interfície gràfica

En els següents subapartats es mostra la interfície d'usuari de la implementació i es comenten els camps que no siguin obvis.

6.3.1 Menús

Tal i com mostra la figura 41, el menú del gestor de vèrtexs geodèsics té quatre opcions. La primera opció , com el seu nom indica, es fa servir per a afegir nous vèrtexs a la BD. La segona, "Consulta / Modificació" realitza tres funcions diferents: consulta d'un conjunt de vèrtexs segons diferents criteris (seleccionats gràficament, filtre sobre vèrtexs o consulta espacial), modificació d'aquest mateixos vèrtexs i la possibilitat d'esborrar-los. A continuació, la tercera opció correspon a la triangulació dels vèrtexs mitjançant l'algorisme de *Delaunay*. Ffinalment, la opció de configuració del Sistema permet indicar el nom de la connexió amb el magatzem d'Oracle que emmagatzema els vèrtexs.

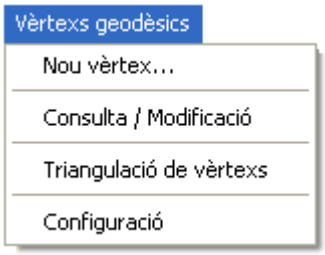
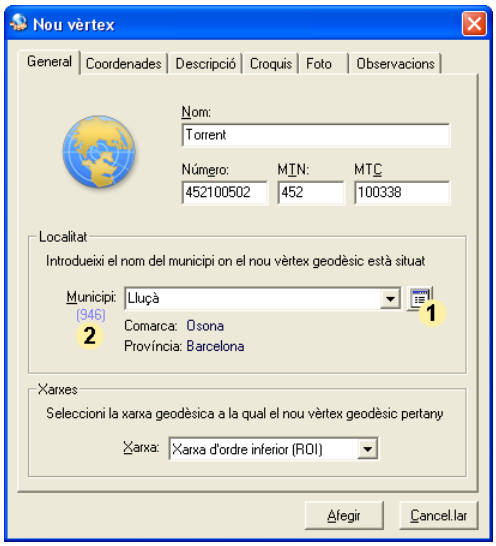
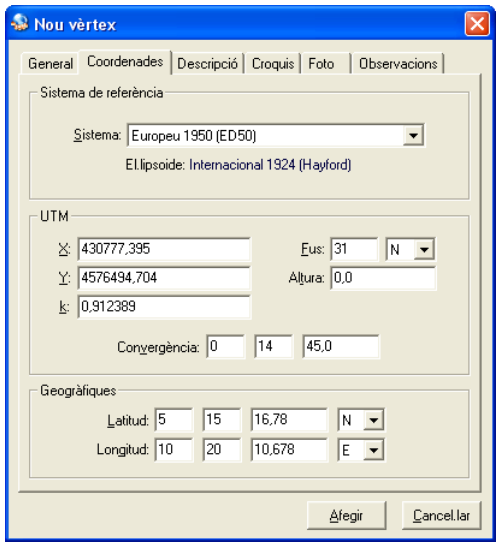


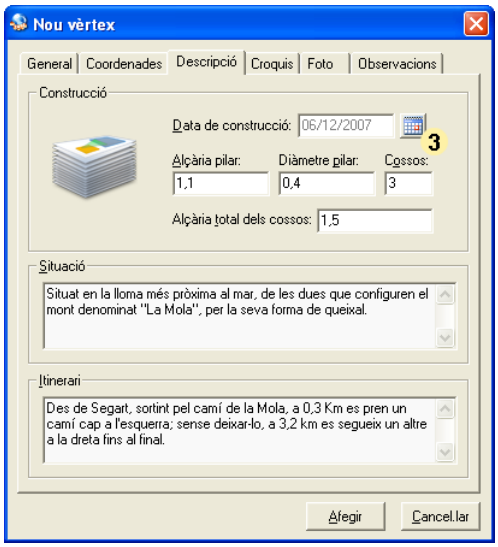
Fig. 41 Menú

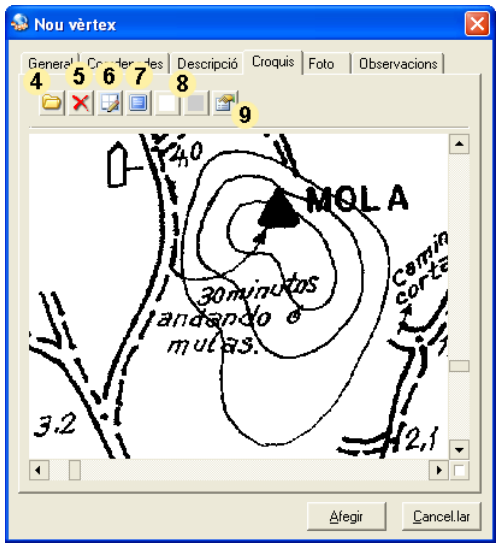
6.3.2 Afegir nous vèrtexs

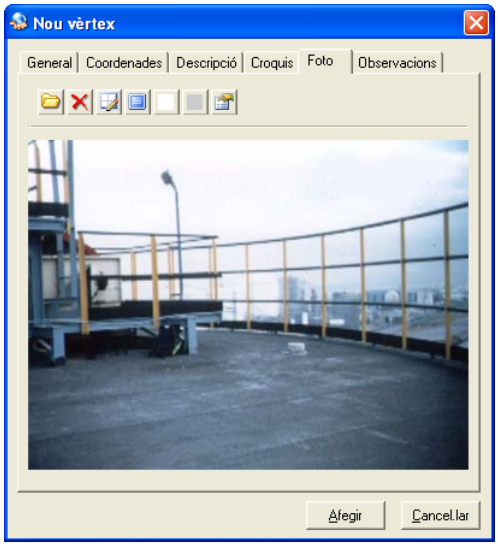
1. Carrega els municipis que comencin pel contingut del camp MUNICIPI.

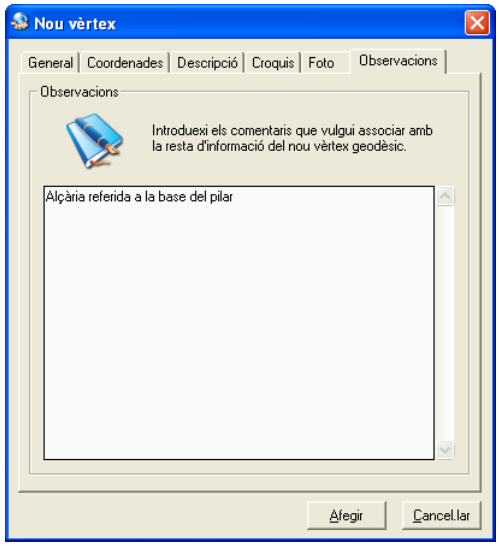






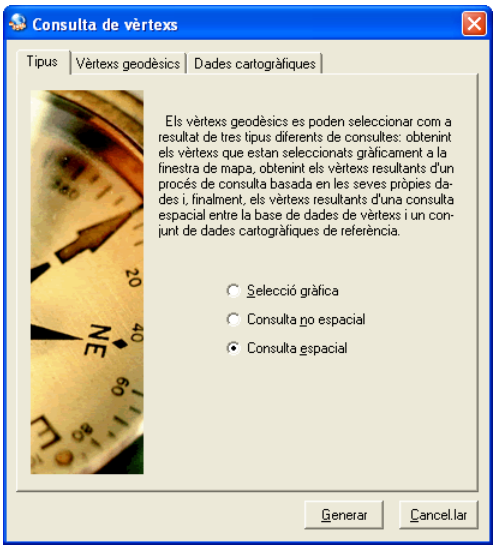






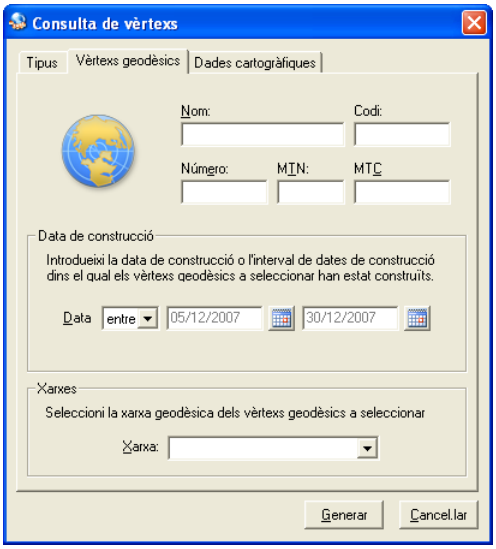
2. Mostra el número de municipis carregats en la llista.
3. Mostra un calendari per a introduir dates d'una forma més còmoda.
4. Carrega una imatge com a croquis del vèrtex geodèsic.
5. Elimina la imatge actual del vèrtex geodèsic.

6. Mostra la imatge amb la seva grandària original i permet moure's utilitzant les barres de desplaçament.
7. Escala la imatge a la superfície de dibuix perquè es pugui veure sencera.
8. Mostra nom i directori on està emmagatzemada la imatge.



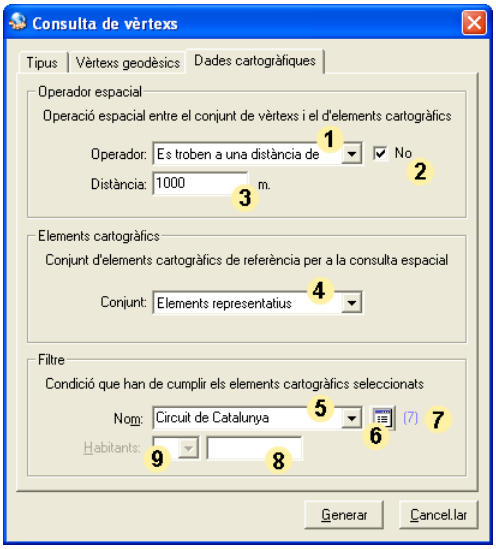
6.3.3 Consulta / Modificació

1. Operador espacial a aplicar entre el conjunt de vèrtexs geodèsics i el conjunt d'elements cartogràfics seleccionat. N'hi ha sis: Es toquen, Es troben a una distància de, Estan continguts, Estan continguts totalment, Es solapen i S'uneixen.
2. Nega l'operador espacial.
3. Distància en cas d'escollir l'operador espacial "Es troben a una distància de".
4. Conjunt d'elements cartogràfics: Províncies, Comarques, Municipis i Elements representatius.
5. Nom de l'element representatiu.
6. Carrega la llista d'elements representatius que comencin pel contingut del camp NOM.
7. Número d'elements representatius carregats en la llista.
8. Número d'habitants en el cas de Municipis.
9. Condició sobre habitants (=,>,<,>=,<=,<>).



Com a resultat de prémer el botó "Generar", s'obté la finestra "Llista de vèrtexs geodèsics":

1. Esborra el vèrtex geodèsics de la base de dades
2. Mostra una finestra com la d'afegir nous vèrtexs que mostra les seves dades i que ofereix la possibilitat de modificar-les.

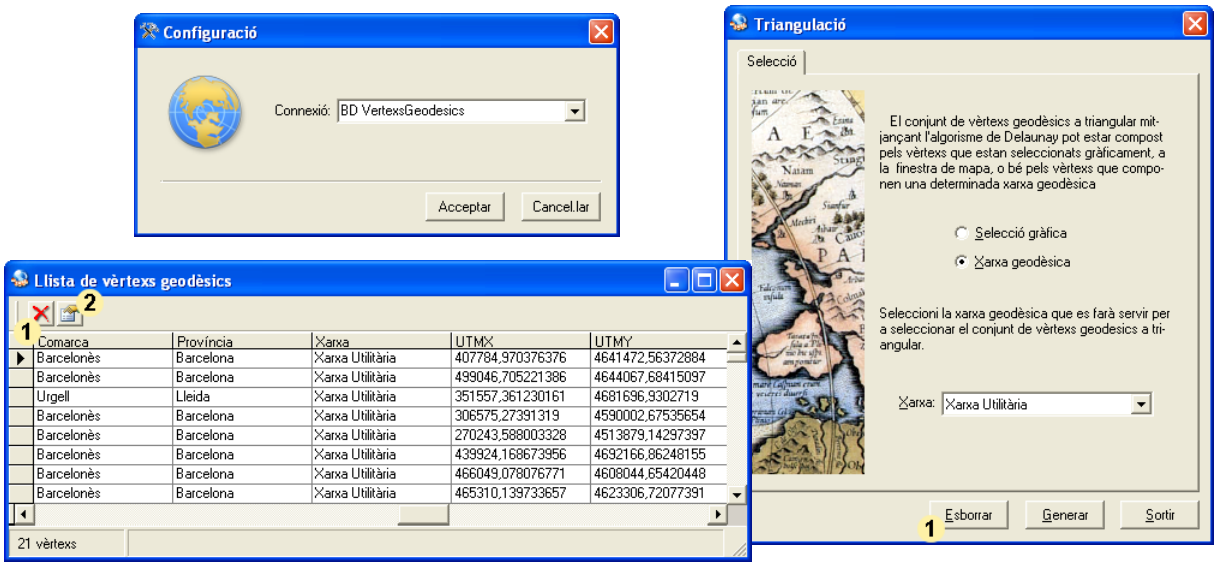


6.3.4 Triangulació de vèrtexs

El botó 1 permet esborrar la última triangulació feta a la finestra de mapa, ja que les triangulacions queden sobre la finestra de mapa fins que es faci una altra o es surti de *GeoMedia*.

6.3.5 Configuració

Com es pot veure a la finestra "Configuració", aquesta opció permet seleccionar la connexió que es farà servir per a gestionar els vèrtexs geodèsics.



6.4 Model d'objectes de *GeoMedia*

GeoMedia disposa d'un complet model d'objectes que exposa a altres aplicacions mitjançant l'ús d'objectes COM, fent així fàcil estendre les seves funcionalitats mitjançant el mecanisme d'automatització. A la figura 42 es pot veure un resum d'aquet model d'objectes. Dissortadament, la limitació d'espai de la memòria no permet fer-ne una descripció detallada. Això no obstant, a continuació es descriuen breument els objectes que s'han fet servir per a desenvolupar el gestor de vèrtexs.

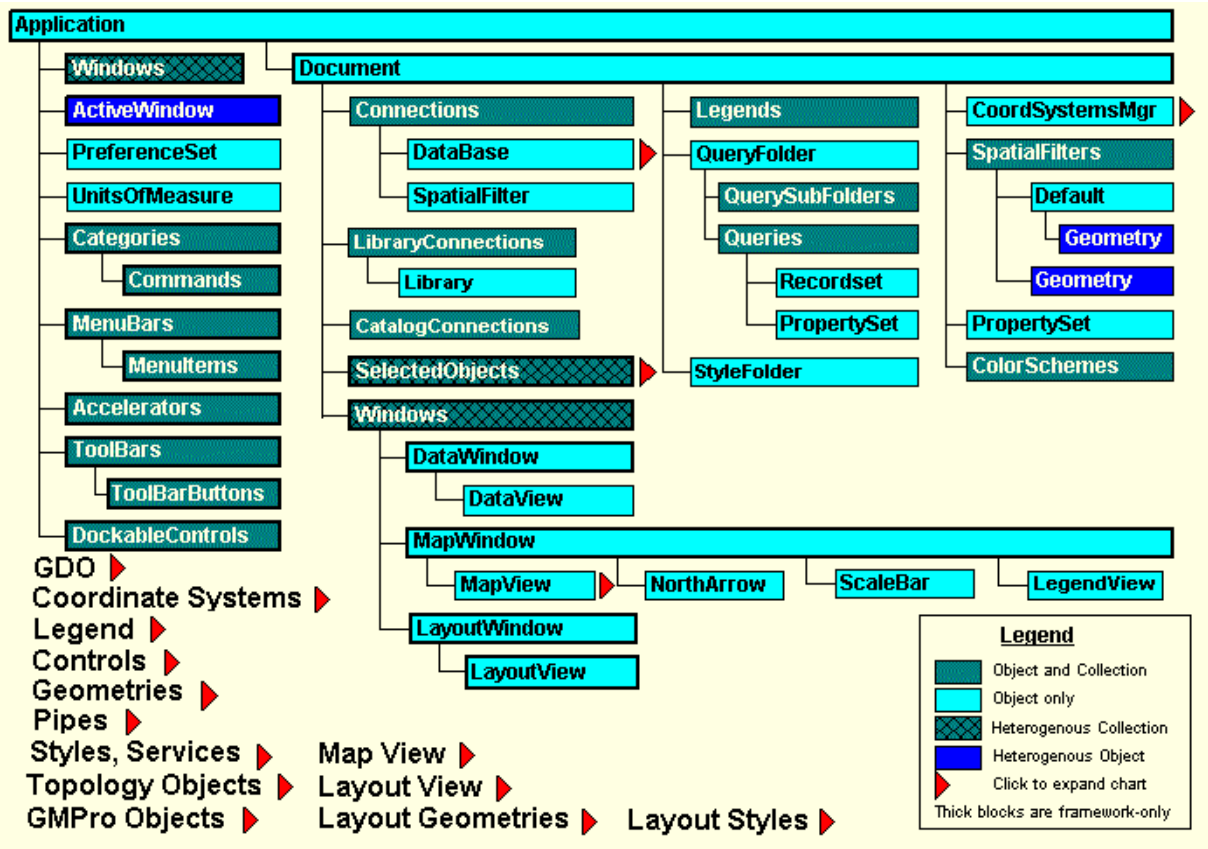


Fig. 42 Model d'objectes de

Application. Objecte que representa la instància de *GeoMedia* en execució, és a dir, el programa que s'està executant. Està situat a l'arrel del model d'objectes i permet accedir i gestionar *workspaces*, esdeveniments, la finestra de *GeoMedia*, així com les barres d'eines i els menús. El Sistema el fa servir per a accedir al *workspace* actual, utilitzant la propietat *Document;* per a crear objectes externs a l'aplicació (*SpatialSubsetPipe*, *StyleService*, *GeometryStorageService* i *PointGeometry*), utilitzant el mètode *CreateService* i, finalment, per a accedir a les finestres (llegenda i mapa) .

Document. Objecte que representa el *workspace* obert. El sistema el fa servir per a accedir a les connexions de magatzems, mitjançant la propietat *connections*, i per a obtenir el conjunt d'objectes seleccionats a la finestra de mapa, mitjançant la propietat *SelectObejcts*.

Connection. Objecte que representa una connexió a una base de dades (magatzem) i s'encarrega de gestionar la connexió i d'informar dels canvis a la BD mitjançant l'ús de *pipes*. El sistema el fa servir per a accedir a la base dades oberta, fent servir la propietat *Database*; per a crear pipes amb dades persistents per a les llegendes, mitjançant el mètode *CreateOriginatingPipe*, i per a conèixer el nom de les connexions.

GDatabase. Objecte que representa una base de dades oberta. S'encarrega del control de les transaccions, de les consultes i de la creació dels objectes que permeten fer modificacions a la BD. El sistema el fa servir per a obtenir objectes *GReacordset* amb dades no persistents, mitjançant el mètode *OpenRecordset*, i per conèixer els errors durant les operacions d'accés a la BD.

GRecordset. Objecte que representa el resultat d'una consulta sobre la base de dades i que gestiona les operacions DDL (*Data Definition Language*) i DML (*Data Manipulation Language*) sobre els objectes de la BD. El sistema el fa servir per a afegir, modificar i esborrar vèrtexs a la BD i per a obtenir els resultats de totes les consultes.

GeometryStorageService. Objecte que permet convertir atributs amb geometria en objectes geomètrics de *GeoMedia* i viceversa. El Sistema el fa servir, utilitzant el mètode *GetGeomery*, per a convertir la geometria de punt dels vèrtexs geodèsics en objectes *PointGeometry* i obtenir així les seves coordenades UTM. Anàlogament, també el fa servir per a convertir objectes *PointGeometry* amb les coordenades dels vèrtexs en camps de tipus geometria de la base de dades, mitjançant el mètode *GeomeryToStorage*.

PointGeometry. Objecte que representa un punt amb les seves coordenades. El Sistema el fa servir per a obtenir i modificar les coordenades dels vèrtexs geodèsics

DocSelectedObjects. Objecte que representa una col·lecció d'objectes geomètrics seleccionats a la finestra de mapa, que s'obté cridant el mètode *SelectObejcts* d'un objecte *Document*. El Sistema el fa servir a les consultes per a obtenir els vèrtexs seleccionats gràficament, així com per a aplicar l'algorisme de triangulació sobre els vèrtexs seleccionats.

GeometryEditService. Objecte que permet editar gràficament un objecte geomètric sobre la finestra de mapa. El sistema el fa servir per a dibuixar sobre el mapa el resultat de l'algorisme de triangulació, utilitzant el mètode *AppendGeometry*.

LineGeometry. Objecte que representa un línia amb les coordenades dels dos extrems. El Sistema el fa servir per a dibuixar sobre la finestra de mapa les arestes dels triangles que s'obtenen de l'algorisme de triangulació.

StyleService. Objecte que gestiona estils a *GeoMedia*. El Sistema el fa servir per a crear l'estil de les línies que representen les arestes dels triangles que s'obtenen de l'algorisme de triangulació.

GMMapView. Objecte que representa una finestra de mapa i que gestiona les operacions gràfiques sobre aquestes finestres. El Sistema el fa servir per a obtenir la llegenda associada a la finestres de mapa, mitjançant la propietat *Legend*, i per a dibuixar els triangles que s'obtenen de l'algorisme de triangulació, associant un objecte *GeometryEditService* amb un objecte *GMMapView*.

Legend. Objecte que representa una finestra de llegenda associada amb una finestra de mapa i que gestiona totes les operacions sobre els elements que formen la llegenda. El Sistema el fa servir

per a obtenir els objectes *LegendEntry* de les entrades que mostren els vèrtexs geodèsics fent servir atributs diferents segons la xarxa a la que pertanyen.

LegendEntry. Objecte que representa una entrada dins d'una finestra de llegenda (objecte *Legend*). El Sistema el fa servir per a tornar a carregar les dades de les entrades de la llegenda que mostren els vèrtexs geodèsics, desprès que s'hagi afegit, modificat o esborrat algun vèrtex. Això s'aconsegueix assignant un objecte *GRecordset* persistent (obtingut mitjançant una *pipe*) amb la nova informació dels vèrtexs a la propietat *InputRecordset* i cridant al mètode *LoadData*.

6.5 Triangulació de *Delaunay*

La triangulació de *Delaunay* consisteix a triangular una xarxa de punts de forma que la circumferència circumscrita de cada triangle no contingui cap vèrtex d'altres triangles. Tot i que hi ha molts tipus d'algorismes que es poden utilitzar (força bruta, incrementals, divideix i venceràs, etc), el Sistema implementa l'algorisme de força bruta, conegut també com a voraç. L'algorisme troba tots els possibles triangles, fent totes les combinacions dels punts de la xarxa agafant-los de tres en tres, i comprova que no hi hagin altres vèrtexs dins de la circumferència circumscrita del triangle. Sí és així i el triangle no havia estat ja considerat com a bo, l'afegeix a la llista de triangles finals. La figura 43 mostra a l'esquerra el mapa de Catalunya abans d'aplicar l'algorisme de triangulació de *Delaunay* sobre la xarxa geodèsica Utilitària (punts vermells) i a la dreta, el resultat de la triangulació.

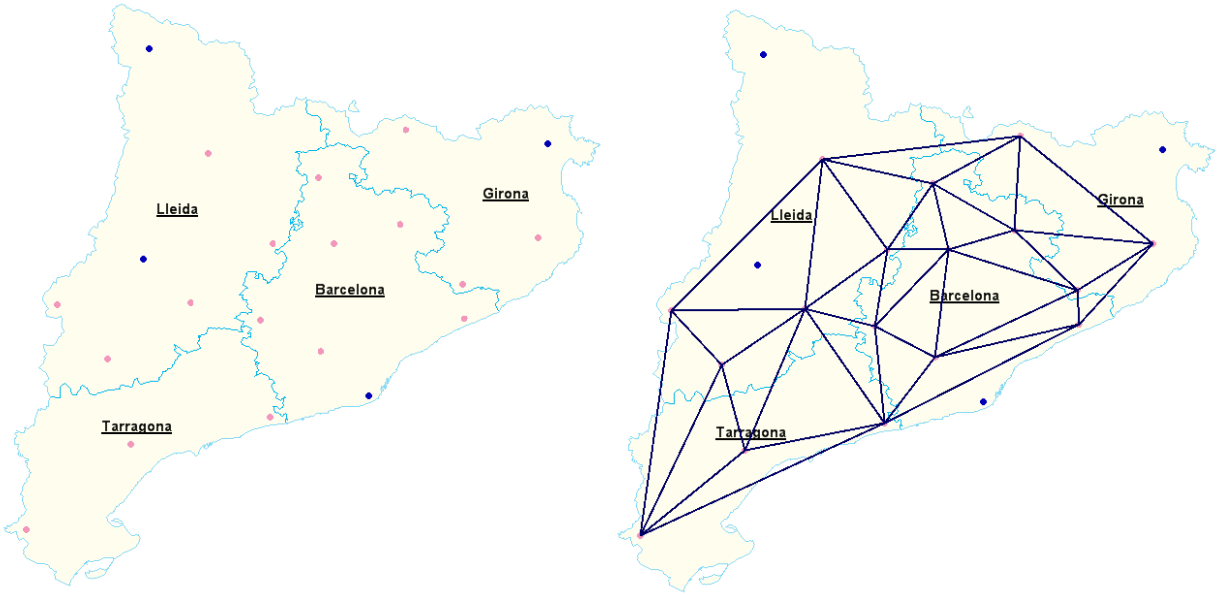


Fig. 43 Triangulació de *Delaunay*

Capítol 7
Conclusions

L'últim capítol de la memòria està dedicat a valorar la feina realitzada, enumerar les dificultats trobades i proposar millores en la implementació del sistema de programari objecte d'aquest projecte.

7.1 Dificultats trobades

- La instal·lació de *GeoMedia* dona un error si l'equip té instal·lat *.Net Framework 3.0*. El missatge d'error diu que l'instal·lador no pot trobar l'arxiu *regasm.exe* dins dels directoris de la versió 3.0 i avorta la instal·lació. Aquest error es produeix perquè efectivament no hi ha cap arxiu *regasm.exe* als directoris de *.Net Framework 3.0* perquè no és una nova versió del motor i, de fet, ella mateixa fa servir la 2.0. Per tant, l'error s'hauria pogut evitar anant a buscar els arxius als directoris de la última versió del motor, és a dir, la 2.0. En tot cas, també es pot desinstal·lar la versió 3.0, instal·lar *GeoMedia* i llavors, tornar a instal·lar la versió 3.0.
- En aquesta versió de *GeoMedia*, les comandes d'aplicació no es poden depurar fent servir el depurador de *Visual Basic*; cal fer servir missatges.
- *GeoMedia* no permet modificar les definicions de classes d'entitats, si s'està fent servir una base de dades Oracle. A més, no garanteix la consistència i integritat de la BD (regles d'integritat referencial i regles d'integritat de domini), ja que no es poden gestionar restriccions. Així mateix, tampoc es poden gestionar índexs, privilegis ni procediments emmagatzemats.
- *GeoMedia* no admet *joins* en consultes espacials; només pot treballar amb una sola taula.
- Tot i que *GeoMedia* passa les consultes espacials a *Oracle*, no permet fer servir l'SQL d'Oracle en els filtres. A més, *GeoMedia* implementa un subconjunt molt limitat d'SQL, que ni tant sols té la funció *UPPER*. La qual cosa no es pot entendre, ja que aquesta funció es troba reconeguda com a part de l'SQL Standard des de l'especificació 1992.
- Els arxius SDW corresponents als ortofotomapes de l'ICC no es poden fer servir amb *GeoMedia* perquè els decimals estan separats amb punts, en lloc de comes, i Oracle dona un error.
- Si el nom de l'entrada de llegenda passat al mètode *Legend.LegendEntrie*s no existeix, *GeoMedia* genera un error de sistema, en lloc de tornar un objecte buit com amb altres objectes.
- El rang d'escala de visualització de les entrades de llegenda només s'utilitza si la visualització automàtica està activada, però en el projecte no interessa que l'usuari que no hagi escollit veure els municipis, els hagi de veure només perquè es trobi dins del rang corresponen de visualització. L'ideal seria que les escales que tinguessin un rang de visualització establert i que estiguessin activades, només fossin visibles quan l'usuari es trobés dins el rang de visualització.

- La forma com *GeoMedia* torna els conjunt d'elements seleccionats a la finestra de mapa sembla arbitrària i és poc homogènia: una *pipe* amb tots, una pipe per cadascun o un *recordset* per a tots però enviant per cadascú les seves posicions (*bookmarks*) dins el *recordset*.

7.2 Millores

- Control d'errors més robust
- Calcular les coordenades geogràfiques a partir de las UTM i viceversa.
- Que determini el municipi en funció de les coordenades indicades..
- Que es puguin xarxes geodèsiques al sistema de forma dinàmica.

7.3 Valoració final

Tot i que el model d'objectes de GeoMedia és prou bo, això queda en segon terme quan es descobreix que no permet fer servir SQL estàndard, no permet fer joins, no permet gestionar restriccions d'integritat, etc. Per tant, la parella GeoMedia i Oracle és encara difícil.

Referències

[1] USGS. *Geographic Information Systems.*
http://erg.usgs.gov/isb/pubs/gis_poster/ [Consulta: 4 d'octubre de 2007]

[2] ESRI. *GIS Dictionary.*
http://support.esri.com/index.cfm?fa=knowledgebase.gisDictionary.search&searchTerm=GIS
[Consulta: 4 d'octubre de 2007]

[3] INNOVATIVE. *The GIS Primer.*
http://www.innovativegis.com/basis/primer/concepts.html#Components%20of%20a%20GIS
[Consulta: 5 d'octubre de 2007]

[4] SURVEYLAB™. *Ike™ 105, 205, 305 technical specifications.*
http://www.survey-lab.com/ikerangetechnical.htm [Consulta: 5 d'octubre de 2007]
http://www.survey-lab.com/products.htm [Consulta: 5 d'octubre de 2007]
http://survey-lab.com/pdf/The%20ike%20range%20-20105,%20205%20and%20305.pdf
[Consulta: 5 d'octubre de 2007]

[5] ESRI. *Geodatabase view.*
http://www.esri.com/software/arcgis/concepts/gis-data.html [Consulta: 6 d'octubre de 2007]

[6] OGC®. *OpenGIS® Implementation Specification for Geographic information.*
http://www.opengeospatial.org/standards/sfs [Consulta: 6 d'octubre de 2007]

[7] ESRI. *The Geoprocessing view.*
http://www.esri.com/software/arcgis/concepts/geoprocessing.html
[Consulta: 6 d'octubre de 2007]

[8] ESRI. *The Geovisualitzation view.*
http://www.esri.com/software/arcgis/concepts/geovisualization.html
[Consulta: 7 d'octubre de 2007]

[9] GIS Lounge. *What is GIS?*
http://gislounge.com/library/what-is-gis/ [Consulta: 7 d'octubre de 2007]

[10] ESRI. *GIS and CAD – The Right Tool for the Job*, 2002, pàgines 1-3.
http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gis_and_cad.pdf [Consulta: 7 d'octubre 2007]

[11] David J. Cowen. *GIS versus CAD versus DBMS: What Are the Differences?*
Department of Geography and SBS Lab, University of South Carolina, 1988.
http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DBMS.pdf [Consulta: 7 d'octubre de 2007]

[12] Gutiérrez Puebla, J; Gould, M. SIG: Sistemes de informació geogràfica.
Editorial Síntesis, 1994, Col·lecció "Espacios y sociedades", pàgines 29 i 30.

[13] OGC. *Glossary of Terms.*
http://www.opengeospatial.org/ogc/glossary/t [Consulta: 10 d'octubre de 2007]

[14] ESRI. *GIS Topology.*
http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/gis_topology.pdf [Consulta: 11 d'octubre de 2007]

[15] ISO. *ISO 19107 Geographic information - Spatial schema*
https://committees.standards.org.au/COMMITTEES/IT-004/PRIVATE/I0028/ISO 19107 .pdf
[Consulta: 11 d'octubre de 2007]
Secció "*7.1 Semantics*", pàgina 108

[16] Dr. Douglas J. Dudycha. *Introduction to Cartography and Remote Sensing.*
Department of Geography, Faculty of Environmental Studies, University of Waterloo.
http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/index.htm#Topics [Consulta: 12 d'octubre de 2007]

[17] Gran Diccionari de la Llengua Catalana. Enciclopèdia Catalana.
http://ec.grec.net/lexicx.jsp?GECART=0085877 [Consulta: 12 d'octubre de 2007]

[18] Dr. Douglas J. Dudycha. *Cartographic Communication.*
Department of Geography, Faculty of Environmental Studies, University of Waterloo.

http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/ccom.htm
[Consulta: 12 d'octubre de 2007]

[19] KRAKEN research group. *Conceptos para la correcta utilización de los datos cartográficos.* Transparència 20.
www.gbif.es/ficheros/AGM-Conceptos_Correcta_Utilizacion_Datos_Cartograficos.pdf
[Consulta: 14 d'octubre de 2007]

[20] Instituto de Geografía. *La escala de los mapas.* Pàgines 26, 29 i 34.
http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/temas-sel/mecartematica/ escrito2.pdf
[Consulta: 15 d'octubre de 2007]

[21] Espíndola, J.M. *El tercer planeta. Edad, estructura y composición de la Tierra.*
http://www.tribunaantimperialista.cu/libros/Libros_2/ciencia3/074/htm/sec_15.htm
[Consulta: 15 d'octubre de 2007]

[22] Hernández Gutiérrez, M. *Los principia de Newton*.
Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.
http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/fundoro/actas/13_14/conferencias/miguel_hernandez.pdf [Consulta: 16 d'octubre de 2007]

[23] NACC. *La forma general de la Tierra*
http://nacc.upc.es/tierra/node10.html [Consulta: 16 d'octubre de 2007]

[24] National Geodetic Survey. *What is the geoid?*
http://www.ngs.noaa.gov/GEOID/geoid_def.html [Consulta: 16 d'octubre de 2007]

[25] Dr. Douglas J. Dudycha. *Map Projections.*
Department of Geography, Faculty of Environmental Studies, University of Waterloo.
http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/mapproj.htm [Consulta: 17 d'octubre de 2007]

[26] Dr. Douglas J. Dudycha. *Principles of Map Projections.*
Department of Geography, Faculty of Environmental Studies, University of Waterloo.
http://www.fes.uwaterloo.ca/crs/geog165/mapproj.htm [Consulta: 17 d'octubre de 2007]

[27] Furuti, C.A. *Map Projections. Basic definitions and concepts.*
http://www.progonos.com/furuti/MapProj/Dither/CartDef/MapDef/mapDef.html#Aspect
[Consulta: 17 d'octubre de 2007]

[28] ISO. *ISO 19115:2003 Geographic Information – Metadata*
International Organization for Standardization, pàgina 3.
http://www.ncits.org/ref-docs/FDIS_19115.pdf [Consulta: 17 d'octubre de 2007]

[29] CSI. *MIGRA v1*
Comité 148 de AENOR "Información Geográfica Digital"
http://www.csi.map.es/csi/pg5m51.htm [Consulta: 18 d'octubre de 2007]

[30] TelDE. *CatMDEdit project.*
http://catmdedit.sourceforge.net/ [Consulta: 19 d'octubre de 2007]

[31] INTA. *ISO Metadata Editor (IME)*
http://www.crepad.rcanaria.es/metadata/index.htm [Consulta: 19 d'octubre de 2007]

[32] OpenSource. *GeoNetwork*
http://geonetwork-opensource.org/ [Consulta: 19 d'octubre de 2007]

[33] IDEC. *MetaD*
http://www.geoportal-idec.net/geoportal/IDECServlet?pag=metad
[Consulta: 19 d'octubre de 2007]

[34] Gutiérrez Puebla, J; Gould, M. *SIG: Sistemes de información geogràfica*.
Capítol 2. La naturaleza de los datos geográficos
Editorial Síntesis, 1994, Col·lecció "Espacios y sociedades"

[35] Gutiérrez Puebla, J; Gould, M. *SIG: Sistemes de información geogràfica*.
Capítol 3. Modelos y estructuras de datos.

Editorial Síntesis, 1994, Col·lecció “Espacios y sociedades”
[36] Zeiler, M. *Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design*
ESRI Press, 1999, pàgines 161 a 166.
[37] Programa de l’assignatura “microgeodesia y redes locales”
Departamento de ingeniería cartográfica, geodesia y fotogrametría
Universidad Politécnica de Valencia (UPV)
http://www.upv.es/cgf/Descargas/Programa.doc [Consulta: 5 de desembre de 2007]
[38] ISO/IEC 9126-1 Software engineering - Product quality. Part 1: Quality model.
[39] Teniente, E.; Olivé, A.; Mayol, E. Enginyeria del software Disseny 1
Edicions UPC, 1999, pàgina 13
[40] OGM Unified Modeling Language Specification
Object Management Group
http://www.omg.org/docs/formal/07-11-02.pdf [Consulta: 1 de desembre de 2007]
http://www.omg.org/docs/formal/07-11-04.pdf [Consulta: 1 de desembre de 2007]
[41] Larman, C. *Applying UML and Patterns*
Prentice Hall PTR, 2002, ISBN 0-13-092569-1
[42] Jacobson, I.; Booch, G.; Rumbaugh, J. *The Unified Software Development Process*
Addison-Wesley, 1999, ISBN 0-20-157169-2

Glossari

Adjacència f Propietat topològica que indica que un element té, al menys, un arc en comú amb un altre element.

Algorisme de *Delaunay* m Algorisme de triangulació que compleix la condició de *Delaunay*, és a dir, que la circumferència circumscrita de cada triangle de la xarxa no conté cap altre vèrtex d'altre triangle.

Altitud f Altura d'un punt de la terra respecte al nivell de la mar.

Arc m Conjunt de segments entre dos nodes, conegut també amb el nom de polilínia.

Atribut m Informació no espacial associada, normalment mitjançant l'ús d'identificadors únics, als elements geogràfics representats dins d'un sistema d'informació geogràfica com punts, línies i polígons.

Base de dades geogràfica f .

BD (Base de dades) f Conjunt estructurat de dades que representa entitats i les seves interrelacions.

CAD (*Computer Aided Design*) m

Cartografia f Art, ciència i tecnologia de traçar i utilitzar mapes.

Connectivitat f Propietat topològica que indica que un element té, al menys, un arc connectat amb un node d'un altre element.

El·lipsoide m Figura geomètrica que es fa servir com a model per a representar la forma de la Terra, sense considerar les ondulacions pròpies de la seva topografia, i que s'obté com a resultat de rotar una el·lipse sobre el seu semieix menor.

Equador m Cercle màxim imaginari de l'esfera terrestre que passa pel centre de la Terra, perpendicular a la línia dels pols.

Escala f Raó de semblança entre la superfície real terrestre i la representació cartogràfica.

Geodatabase m Veure Base de dades geogràfica.

Geografia f Ciència de síntesi que té per objecte l'estudi, la descripció i la representació de la Terra en la configuració de la seva superfície i en la distribució espacial dels diversos fenòmens, especialment quan es relacionen amb la presència i l'activitat humanes.

Geoide m Model per a representar la forma de la Terra que consisteix en la superfície equipotencial del camp gravitatori de la Terra que millor s'ajusta, en el sentit de mínims quadrats, al nivell mitjà global del mar.

GIS (*Geographical Information System*) m Veure SIG.

Inclusió f Propietat topològica que indica que un element conté a un altre element.

Intersecció f Propietat topològica que indica que un element es solapa amb un altre element.

Mapa m Representació gràfica plana de la superfície de la Terra, o d'una porció d'aquesta, segons una escala i una projecció donades.

Metadades f Dades estructurades que descriuen altres dades amb l'objectiu de facilitar el seu ús, avaluació, recuperació, autenticació, preservació i interoperabilitat.

Model m Representació simplificada de la realitat en termes d'elements, propietats i relacions objectes de l'abstracció.

Model conceptual m Representació dels conceptes significatius en el domini d'un problema en forma de classes, associacions i atributs.

Model raster m Model de dades espacials per a representar fenòmens continus que defineix l'espai en forma de cel·les de la mateixa forma i grandària distribuïdes al llarg d'una quadrícula, on cadascuna té associat un o més atributs, unes coordenades i s'identifiquen mitjançant un número de fila i columna.

Model TIN *(Triangulated Irregular Network)* m Model de dades espacials que defineix en funció d'un conjunt de punts del món real dels quals es coneix la seva posició i alçada.

Model vectorial m Model de dades espacials per a representar objectes discrets que defineix l'espai segons la seva geometria en forma de punts, línies i polígons i les seves propietats topològiques en forma de nodes, arcs i polígons.

Node m Punt en el que es troben dos o més línies.

Latitud f Distància que hi ha des d'un punt qualsevol de l'esfera terrestre a l'equador.

Línia estàndard f Cadascuna de les línies d'un mapa que té una escala constant i una

longitud proporcional a les línies corresponents en l'esfera terrestre.

Longitud f Distància, en graus mesurats 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.

OGC (*Open Geospatial Consortium*) f .

Ordre m Propietat topològica que indica la posició d'un element respecte d'un altre.

Organitzador personal m .

Ortofotomapa m Imatge fotogràfica del terreny amb el mateix valor cartogràfic que un plànol, que ha estat sotmesa a un procés de rectificació diferencial que fa possible realitzar la posada en escala i anivellació de las unitats geomètriques que el composen i eliminar, per tant, les distorsions degudes a la perspectiva, el moviment de la càmera i el relleu.

PDA (*Personal Digital Assistant*) f Veure Organitzador personal.

Pertinença f Propietat topològica que indica que un element forma part d'un altre element.

Polígon m Superfície tancada per arcs.

Projecció m Transformació que permet representar la superfície esfèrica de la Terra en un suport pla, com és un mapa. Per a aconseguir això, la projecció estableix una correspondència biunívoca entre les coordenades geogràfiques de la superfície terrestre (longitud,latitud) i les coordenades cartesianes (x,y) del mapa.

Proximitat f Propietat topològica que indica que un element es troba a certa distància d'un altre element.

Segment m Línia, normalment recta, entre dos vèrtexs.

SGBD (Sistema Gestor de Bases de Dades) m Programari que permet gestionar bases de dades, garantint el control de concurrència, l'abstracció de la estructura física i la integritat de les dades.

SIG (Sistema d'Informació Geogràfica) m Conjunt composat de maquinari, programari i procediments per a capturar, emmagatzemar, gestionar, manipular, analitzar i representar dades georeferenciades, amb l'objectiu de resoldre problemes de gestió i planificació.

Sistema d'informació geogràfica m Veure SIG.

Topologia f Propietats de les formes geomètriques que romanen invariables quan aquestes formes són sotmeses a canvis morfològics d'escala o projecció. Els SIG la fan servir per descriure, emmagatzemar i analitzar les relacions espacials que hi ha entre els diferents elements geogràfics.

UML (Unified Modeling Language) m Llenguatge creat per OMG™ que permet especificar, visualitzar i documentar models de sistemes, incloent la seva estructura i disseny.

USGS (*United States Geological Survey*) m .

Vèrtex m Cadascun dels punts que defineixen el traçat d'una figura geomètrica.

Vèrtex geodèsic m Punt del terreny del qual hom ha calculat les coordenades geodèsiques amb una gran precisió.

Bibliografia

Rodríguez, JR. i Lamarca, I. (2007) "Metodologia i gestió de projectes informàtics", Universitat Oberta de Catalunya

Josep Cuenca, Ma.; Jesús Marco, Ma. i Nicolau, F. (2006) "Competència comunicativa per a professionals de la informàtica", Universitat Oberta de Catalunya

Gutiérrez Puebla, J. i Gould, M. (1994) "SIG: Sistemas de información geográfica", Editorial Síntesis, Col·lecció "Espacios y Sociedades".