

# **Creació d'un sistema de gestió d'avaries en un sistema d'informació geogràfica de distribució d'aigües creat amb GEOMEDIA PUBLIC WORKS.**

## **Memòria**

Alumne: Ricard Castaño i Soler

Dirigit per: Antoni Pérez Navarro

Universitat Oberta de Catalunya

Enginyeria Informàtica

Projecte Final de Carrera

Curs 2005-2006 – Primer Semestre

## **Resum**

Aquesta memòria representa la documentació d'un treball de recerca i desenvolupament sobre un sistema d'informació geogràfica (SIG).

Un SIG es pot definir com un sistema de maquinari, programari i procediments elaborats per facilitar l'obtenció, gestió, manipulació, anàlisi, modelat, representació i sortida de dades espacialment referenciades per resoldre problemes complexos de planificació i gestió. Tot aquest conjunt de funcionalitats es basen en un seguit de principis científics, no només derivats de la informàtica, sinó també de la cartografia i la geodèsia.

Geomedia Professional 5.2 i Geomedia Public Works són programari SIG de l'empresa Intergraph. Geomedia Professional 5.2 aporta una alta productivitat mitjançant eines avançades de captura, edició, anàlisi i presentació de dades. A més, Geomedia Public Works proporciona a Geomedia Professional 5.2 la capacitat de representació i modelatge d'elements que formen una xarxa.

Mitjançant el programari Geomedia Professional 5.2 i Geomedia Public Works s'ha implementat un SIG de la xarxa de distribució d'aigua del barri de Sant Llàtzer de Vic. Aquesta implementació es divideix en dues parts. La primera part es centra en la representació del barri, mentre que la segona ho fa en la representació de la xarxa de distribució d'aigua del barri i el desenvolupament de la comanda personalitzada per a la gestió d'avaries.

En cas que es posés en producció un SIG de característiques semblants al desenvolupat en aquest projecte, seria molt profitós que la informació que genera la comanda per a la gestió d'avaries enllacés amb l'ERP de la companyia d'aigües. D'aquesta forma es podrien gestionar i integrar millor les dades.

# Índex

<b>RESUM</b> .....	<b>2</b>
<b>ÍNDEX</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDEX DE FIGURES</b> .....	<b>5</b>
<b>1 INTRODUCCIÓ</b> .....	<b>7</b>
1.1 OBJECTIUS DEL PROJECTE .....	7
1.2 ESTRUCTURA DE LA MEMÒRIA .....	7
1.3 PLA DE TREBALL .....	8
1.3.1 <i>Relació d'activitats</i> .....	8
1.3.2 <i>Calendari de treball</i> .....	13
1.3.3 <i>Diagrama de Gantt</i> .....	14
1.3.4 <i>Fites principals</i> .....	16
1.3.5 <i>Anàlisi de riscos</i> .....	16
1.4 AVALUACIÓ DEL MATERIAL NECESSARI .....	18
<b>2 QUÈ ÉS UN SIG?</b> .....	<b>19</b>
2.1 DEFINICIÓ DE SIG. ....	19
2.2 EVOLUCIÓ HISTÒRICA .....	19
2.3 COMPONENTS D'UN SIG .....	20
2.4 TIPUS DE DADES QUE MANIPULA UN SIG .....	21
2.4.1 <i>Model vectorial</i> .....	22
2.4.2 <i>Model raster</i> .....	22
2.4.3 <i>Avantatges i desavantatges dels dos models</i> .....	23
2.4.4 <i>Superposició de capes</i> .....	24
2.5 FUNCIONALITATS D'UN SIG .....	24
2.6 APLICACIONS .....	25
<b>3 CONCEPTES BÀSICS DE CARTOGRAFIA I GEODÈSIA</b> .....	<b>26</b>
3.1 CONCEPTES DE CARTOGRAFIA .....	26
3.1.1 <i>Definició de cartografia</i> .....	26
3.1.2 <i>Definició de mapa</i> .....	26
3.2 ORÍGENS DE LA CARTOGRAFIA .....	26
3.3 CONCEPTES GEODÈSICS .....	27
3.3.1 <i>Definició de geodèsia</i> .....	27
3.3.2 <i>Procés de reducció: el geoide, l'el·lipsode i el datum</i> .....	27
3.4 SISTEMES DE COORDENADES .....	29
3.4.1 <i>Definició de meridià</i> .....	29
3.4.2 <i>Definició de longitud</i> .....	29
3.4.3 <i>Definició de paral·lel</i> .....	29
3.4.4 <i>Definició de latitud</i> .....	29
3.4.5 <i>Procés de georreferenciació</i> .....	30
3.5 PROJECCIONS CARTOGRÀFIQUES .....	31
3.5.1 <i>Propietats cartogràfiques de les projeccions</i> .....	31
3.5.2 <i>Projecció azimuthal</i> .....	31
3.5.3 <i>Projecció cònica</i> .....	32
3.5.4 <i>Projecció cilíndrica</i> .....	33
3.5.5 <i>El sistema UTM</i> .....	34
<b>4 ESTUDI DE GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2</b> .....	<b>36</b>
4.1 DESCRIPCIÓ DE GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 .....	36
4.2 ELEMENTS BÀSICS DE GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 .....	37
4.2.1 <i>El GeoWorkspace</i> .....	37
4.2.2 <i>Sistemes de coordenades</i> .....	38
4.2.3 <i>Els magatzems</i> .....	38
4.2.4 <i>Les entitats</i> .....	39
4.2.5 <i>Les imatges</i> .....	39
4.2.6 <i>Tipus de finestres d'un GeoWorkspace</i> .....	40

4.2.7	<i>Finestra de mapa</i> .....	40
4.2.8	<i>Finestra de dades</i> .....	41
4.3	LA LLEGENDA .....	41
4.3.1	<i>Mapes temàtics</i> .....	42
4.4	VALIDACIÓ D'ENTITATS AMB GEOMETRIA .....	43
4.4.1	<i>Detecció d'errors de geometria</i> .....	43
4.4.2	<i>Detecció d'errors de connexament</i> .....	44
4.5	ANÀLISI DE DADES .....	45
4.5.1	<i>Consultes amb filtres</i> .....	45
4.5.2	<i>Consultes natives</i> .....	48
4.5.3	<i>Anàlisi de geometria</i> .....	49
4.6	PROGRAMACIÓ AMB GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2 .....	50
<b>5</b>	<b>ESTUDI DE GEOMEDIA PUBLIC WORKS .....</b>	<b>52</b>
5.1	DESCRIPCIÓ DE GEOMEDIA PUBLIC WORKS .....	52
5.2	MODEL DE CARACTERÍSTIQUES AVANÇADES .....	52
5.3	DIMENSIONAMENT .....	55
5.4	TRAÇABILITAT .....	56
5.5	PROGRAMACIÓ AMB GEOMEDIA PUBLIC WORKS .....	56
<b>6</b>	<b>CREACIÓ D'UN SIG.....</b>	<b>58</b>
6.1	CREACIÓ DEL GEOWORKSAPCE.....	58
6.1.1	<i>Sistema de coordenades</i> .....	58
6.1.2	<i>Magatzems</i> .....	58
6.1.3	<i>Importació de dades</i> .....	60
6.1.3.1	<i>Importació de la base municipal de Catalunya</i> .....	60
6.1.3.2	<i>Importació d'ortofotografies de les poblacions</i> .....	61
6.1.4	<i>Creació i inserció d'entitats al SIG</i> .....	62
6.1.5	<i>Llegenda</i> .....	64
6.2	INSERCIÓ DE LA XARXA DE DISTRIBUCIÓ D'AIGUA AL SIG .....	65
6.2.1	<i>Xarxes de distribució d'aigua</i> .....	65
6.2.1.1	<i>Cicle de vida de l'aigua</i> .....	65
6.2.1.2	<i>Topologies de les xarxes de distribució d'aigua</i> .....	66
6.2.1.3	<i>Elements d'una xarxa de distribució d'aigua</i> .....	68
6.2.2	<i>Model conceptual</i> .....	69
6.2.3	<i>Justificació d'ús de Geomedia Public Works</i> .....	73
6.2.4	<i>Magatzem de dades</i> .....	74
6.2.5	<i>Inserció d'entitats</i> .....	74
6.2.6	<i>Validació de les entitats del SIG</i> .....	75
6.2.7	<i>Anàlisi de dades</i> .....	76
6.2.7.1	<i>Consulta proximitat Pis - Sortida d'aigua</i> .....	77
6.2.7.2	<i>Visualització temàtica de cases arrencades</i> .....	77
6.2.8	<i>Dimensionament</i> .....	79
6.2.9	<i>Traçat</i> .....	80
6.2.10	<i>Generació d'una comanda per a la gestió d'avaries</i> .....	80
6.2.10.1	<i>Operatòria i funcionalitats</i> .....	80
6.2.10.2	<i>Descripció del desenvolupament de la comanda</i> .....	83
6.3	RESULTATS DEL TREBALL PRÀCTIC .....	86
<b>7</b>	<b>VALORACIÓ ECONÒMICA .....</b>	<b>87</b>
<b>8</b>	<b>POSSIBLES LÍNIES DE CONTINUACIÓ.....</b>	<b>88</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>89</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>91</b>

## Índex de figures

FIGURA 1 - DIAGRAMA DE GANTT GLOBAL.....	14
FIGURA 2 - DIAGRAMA DE GANTT PAC1.....	14
FIGURA 3 - DIAGRAMA DE GANTT PAC 2.....	14
FIGURA 4 - DIAGRAMA DE GANTT PAC 3.....	15
FIGURA 5 - DIAGRAMA GANTT MEMÒRIA I PRESENTACIÓ VIRTUAL.....	15
FIGURA 6 - TAULA DE FITES.....	16
FIGURA 7 - ESQUEMA SIG.....	20
FIGURA 8 - REPRESENTACIÓ VECTORIAL.....	22
FIGURA 9 - MODEL RASTER.....	23
FIGURA 10 – SUPERPOSICIÓ.....	24
FIGURA 11 - "TABULAE RUDOLPHINAE : QUIBUS ASTRONOMICAE ...." DE JOHANNES KEPLER.....	27
FIGURA 12 - EL•LIPSOIDE.....	27
FIGURA 13 - SIMULACIÓ DEL GEOIDE.....	28
FIGURA 14 – COMPARAICÓ EL•LIPSOIDE – GEOIDE.....	28
FIGURA 15- DATUM LOCAL I DATUM GEOCÈNTRIC.....	29
FIGURA 16 - LATITUD, LONGITUD, MERIDIANS I PARAL•LELS.....	30
FIGURA 17 - CORRESPONDÈNCIA ENTRE COORDENADES GEOGRÀFIQUES I GEOCÈNTRIQUES.....	30
FIGURA 18 – ESQUEMA DE LA PROJECCIÓ AZIMUTAL.....	31
FIGURA 19 - PROJECCIÓ AZIMUTAL EQUIVALENT DE LAMBERT.....	32
FIGURA 20 – ESQUEMA DE LA PROJECCIÓ CÒNICA.....	32
FIGURA 21 - PROJECCIÓ D'ALBERS.....	33
FIGURA 22 - PROJECCIÓ DE BONNE.....	33
FIGURA 23 – ESQUEMA DE LA PROJECCIÓ CILÍNDRICA.....	33
FIGURA 24 -PROJECCIÓ DE MERCATOR.....	34
FIGURA 25 - SISTEMA CILÍNDRIC TRANSVERS CONFORME.....	34
FIGURA 26 - REPRESENTACIÓ ZONES UTM.....	35
FIGURA 27 - GEOMETRIES D'ENTITAT.....	39
FIGURA 28 - FINESTRA DE MAPA.....	40
FIGURA 29 - FINESTRA DE DADES.....	41
FIGURA 30 - TIPUS D'ENTITATS EN LA LLEGENDA.....	41
FIGURA 31 - POSSIBLES ESTATS D'UNA ENTITAT.....	42
FIGURA 32 - ELEMENTS DE LA LLEGENDA.....	42
FIGURA 33 - EXEMPLE DE VISUALITZACIÓ TEMÀTICA.....	43
FIGURA 34 - ERROR DE PUNT DUPLICAT.....	43
FIGURA 35 - ERROR DE LLAÇ.....	43
FIGURA 36 - ERROR D'ÀREA SENSE TANCAR.....	44
FIGURA 37 - ERROR DE FORAT NO CONTINGUT.....	44
FIGURA 38 - ERROR DE SUPERPOSICIÓ.....	44
FIGURA 39 - ERROR DE LÍNIES CURTES.....	44
FIGURA 40 - ERROR DE LÍNIES LLARGUES.....	45
FIGURA 41 - ERROR DE NODES NO COINCIDENTS.....	45
FIGURA 42 - ERROR DE GEOMETRIES INTERSECANTS SENSE DIVIDIR.....	45
FIGURA 43 - ERROR DE LÍNIES QUASI COINCIDENTS.....	45
FIGURA 44 - CONSULTA ESPACIAL. OPERADOR ES TOQUEN.....	46
FIGURA 45 - CONSULTA ESPACIAL. OPERADOR CONTÉ.....	46
FIGURA 46 - CONSULTA ESPACIAL. OPERADOR CONTINGUDES EN.....	46
FIGURA 47 - CONSULTA ESPACIAL. OPERADOR CONTENEN COMPLETAMENT.....	46
FIGURA 48 - CONSULTA ESPACIAL. OPERADOR ES SUPERPOSEN.....	47
FIGURA 49 - CONSULTA ESPACIAL. OPERADOR S'UNEIXEN.....	47
FIGURA 50 - CONSULTA ESPACIAL. OPERADOR SÓN ESPACIALMENT IGUALS.....	47
FIGURA 51 - CONSULTA ESPACIAL. OPERADOR ESTAN A UNA DISTÀNCIA DE.....	47
FIGURA 52 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR ES TOQUEN.....	48
FIGURA 53 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR SEPARATS.....	48
FIGURA 54 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR SUPERPOSAT AMB LÍMITS SEPARATS.....	48
FIGURA 55 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR SUPERPOSAT AMB LÍMITS QUE ES TOQUEN.....	48
FIGURA 56 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR IGUAL.....	48
FIGURA 57 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR CONTÉ.....	49
FIGURA 58 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR DINS.....	49
FIGURA 59 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR COBREIX.....	49

FIGURA 60 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR COBERT PER .....	49
FIGURA 61 - CONSULTA NATIVA. OPERADOR QUALSEVOL RELACIÓ.....	49
FIGURA 62 - MODEL D'OBJECTES DE GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2.....	50
FIGURA 63 - OBJECTES DE L'OBJECTE APPLICATION .....	51
FIGURA 64 - AFM. CLASSES DE COMPONENTS.....	53
FIGURA 65 - AFM INSTÀNCIES DE COMPONENTS.....	54
FIGURA 66 - DINENSIONAMENT.....	55
FIGURA 67 - EXPLORADOR DE CLASSES DE VISUAL BASIC.....	57
FIGURA 68 - CONNEXIONS DE MAGATZEM.....	59
FIGURA 69 - BASE MUNICIPAL DE CATALUNYA .....	61
FIGURA 70 - ORTOFOTOGRAFIES DE VIC I CALLDETENES .....	62
FIGURA 71 - MODEL CONCEPTUAL D'URBANITZACIÓ.....	62
FIGURA 72 - MAPA URBANITZACIÓ.....	64
FIGURA 73 - LLEGENDA URBANITZACIÓ.....	65
FIGURA 74 - CICLE DE VIDA DE L'AIGUA.....	66
FIGURA 75 - XARXA RAMIFICADA .....	67
FIGURA 76 - XARXA MALLADA.....	67
FIGURA 77 - XARXA MIXTA.....	68
FIGURA 78 - MODEL CONCEPTUAL DE LA XARXA DE DISTRIBUCIÓ D'AIGUA .....	71
FIGURA 79 - RELACIONS I RESTRICCIONS DEL MODEL .....	73
FIGURA 80 - INSERCIÓ D'ENTITATS DE LA XARXA DE DISTRIBUCIÓ D'AIGUA.....	75
FIGURA 81 - VALIDACIÓ DE LA XARXA DE DISTRIBUCIÓ D'AIGUA .....	76
FIGURA 82 - CONSULTA ESPACIAL.....	77
FIGURA 83 - CREACIÓ ATRIBUT FUNCIONAL .....	78
FIGURA 84 - CREACIÓ MAPA TEMÀTIC .....	78
FIGURA 85 - MAPA AMB CONSULTES .....	79
FIGURA 86 - DIMENSIONAMENT DE XARXA DE DISTRIBUCIÓ D'AIGUA.....	79
FIGURA 87 - EXEMPLE D'EXECUCIÓ DE TRAÇAT .....	80
FIGURA 88 - COMANDA PERSONALITZADA: SELECCIÓ DE PUNTS D'AVARIA .....	81
FIGURA 89 - EXECUCIÓ DE LA COMANDA PERSONALITZADA .....	81
FIGURA 90 - COMANDA PERSONALITZADA: FORMULARI RESULTANT.....	82
FIGURA 91 - COMANDA PERSONALITZADA. TRAÇAT RESULTANT.....	82
FIGURA 92 - MODEL ENTITAT RELACIÓ DE LA BASE DE BASE ACCESS DE LA COMANDA .....	84
FIGURA 93 - ALGORISME COMANDA PERSONALITZADA.....	85
FIGURA 94 - VALORACIÓ ECONÒMICA .....	87

# 1 Introducció

Aquesta memòria forma part de la documentació de l'assignatura "Projecte Final de Carrera – Sistemes d'Informació Geogràfica" d'Enginyeria Informàtica de la Universitat Oberta de Catalunya.

En aquest primer apartat s'acoten els objectius del projecte (apartat 1.1), es defineix l'estructura de la memòria (apartat 1.2), es dissenya el pla de treball (apartat 1.3) i determinen els materials i coneixements imprescindibles per a la seva realització (apartat 1.4).

## 1.1 Objectius del projecte

L'objectiu d'aquest projecte és la creació d'un Sistema d'Informació Geogràfic (SIG) per a una xarxa de distribució d'aigua. Per tal d'arribar a aquest objectiu caldrà:

- Conèixer què és un SIG, quina ha estat l'evolució d'aquesta tecnologia al llarg del temps, quins són els components que formen part d'un SIG, quins tipus de dades manipula i quines són les seves principals funcionalitats i aplicacions.
- Conèixer els principals conceptes geodèsics i cartogràfics que serveixen com a base per a la creació d'un SIG.
- Aprendre a treballar amb GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. Dominar les eines que ofereix aquest programari per a la inserció, manipulació i verificació de dades en un SIG. Estudiar les eines d'anàlisi de dades i de creació de comandes personalitzades.
- Aprendre a treballar amb GEOMEDIA PUBLIC WORKS i veure què aporta respecte GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2.
- Dissenyar un SIG per a la urbanització de Sant Llätzer de Vic. En un primer pas, es crearà un SIG on es representaran els edificis i zones que formen part del barri. Seguidament s'hi afegirà la xarxa de distribució d'aigua.
- Ser capaç de personalitzar un SIG fent servir les eines que subministra GEOMEDIA PUBLIC WORKS.
- Desenvolupar una comanda personalitzada mitjançant l'API que ofereix Geomedia Professional 5.2 i Geomedia Public Works. Aquesta comanda servirà d'eina per a la gestió d'avaries del SIG, ja que ha de ser capaç d'aïllar l'avaría i mostrar els elements afectats.

## 1.2 Estructura de la memòria

La memòria d'aquest projecte final de carrera està dividida en els següents capítols:

- **Introducció**  
Inicialment, es defineixen els objectius del projecte, es descriu l'estructura de la memòria, es presenta el pla de treball i s'avalua el material necessari per a la realització del projecte.
- **Què és un SIG**  
En aquest capítol es dóna una definició de SIG i es fa un repàs de l'evolució històrica d'aquesta tecnologia. Seguidament es descriuen els elements que formen part d'un SIG i quina és la seva rellevància, fent especial èmfasi en el component de dades. També s'esmenten les diferents funcionalitats i aplicacions que té un SIG. Finalment, es mostra com es complementen la tecnologia SIG i la tecnologia GPS.
- **Conceptes bàsics de cartografia i geodèsia**  
La tecnologia SIG es basa en un conjunt de principis cartogràfics i geodèsics. En aquest capítol es fa un estudi dels conceptes cartogràfics i geodèsics més rellevants relacionats amb la tecnologia SIG.

- **Estudi de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2**  
El desenvolupament de la part pràctica del projecte es realitzarà mitjançant el programari GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2. Així doncs, en aquest capítol es farà un estudi de les eines i funcionalitats que ofereix aquest programari.
- **Estudi de Geomedia Public Works**  
En aquest capítol es fa un estudi del programari Geomedia Public Works. Aquest component addicional de Geomedia Professional 5.2 prendrà especial rellevància en el moment d'implementar la xarxa de distribució d'aigua i la comanda personalitzada.
- **Creació d'un SIG**  
En aquest capítol es descriu el procés de creació del SIG, els problemes que han aparegut i com s'han solucionat.
- **Valoració econòmica**  
Un cop finalitzada la part pràctica del projecte, el treball realitzat es valorarà econòmicament tenint en compte que el projecte s'ha d'implementar a nivell municipal.
- **Possibles línies de continuació**  
En aquest capítol es suggereixen possibles millores, línies de continuació modificacions que enriqueixen el treball pràctic.
- **Conclusions**  
Un cop finalitzat el projecte, a partir de la experiència i coneixements obtinguts, s'extreuen un conjunt de conclusions.

### 1.3 Pla de treball

El pla de treball serveix per tenir visió general del projecte. Aquesta planificació estableix un mapa de ruta que cal seguir durant el desenvolupament del projecte. Aquest seguiment permetrà orientar i ordenar la feina per aconseguir la realització final del projecte.

Inicialment, a l'hora de planejar la temportizació del projecte, es fa una descripció de les diferents activitats que cal desenvolupar al llarg del projecte (apartat 1.3.1). A partir del conjunt d'activitats a realitzar es genera el calendari de treball (apartat 1.3.2), el diagrama de Gantt (apartat 1.3.3) i es determinen les dates de les fites més importants (apartat 1.3.4). Finalment, es fa un llistat dels possibles riscos associats al projecte (apartat 1.3.5).

El primer conjunt d'activitats, que formarà part de la PAC 2, es centra en l'adquisició de coneixements per, posteriorment, tenir una base per a la realització de la part pràctica del PFC. El segon conjunt d'activitats formarà part de la PAC 3, aquest es centra en la documentació relacionada amb la part pràctica del projecte.

#### 1.3.1 Relació d'activitats

A continuació es presenten les principals activitats a realitzar:

Esborrany de la planificació del projecte (PAC 1)	
Descripció	Com a resultat d'aquesta tasca s'obté el conjunt d'activitats que cal dur a terme per a la realització del PFC. Cada activitat serà ponderada i se li adjudicarà una data d'inici i de finalització. Aquest primer esborrany serà lliurat al consultor perquè el validi.
Resultats	•Esborrany de la planificació de les diferents tasques per poder-ne fer un seguiment en el temps. Cal tenir present que qualsevol modificació, tant de dates com de durada de les activitats quedarà reflectida en la present planificació (excepte les dates de lliurament, doncs no poden ser modificades).
Inici	18 de setembre de 2005



Fi	20 de setembre de 2005
Durada	8 hores

#### Planificació definitiva del projecte (PAC 1)

Descripció	Un cop el consultor valida la planificació, aquesta es modifica corregint els errors detectats i aplicant els diferents suggeriments.
Resultats	• Planificació modificada per a ser lliurada de forma definitiva
Inici	21 de setembre de 2005
Fi	27 de setembre de 2005
Durada	4 hores
Dependències	<i>Activitat:</i> Esborrany de la planificació del projecte (PAC 1)

#### Introducció als SIG

Descripció	Fer una cerca d'informació per conèixer què és un SIG i quines són les seves principals característiques i finalitats.
Resultats	• Definició de SIG • Exemples d'aplicació
Inici	24 de setembre de 2005
Fi	25 de setembre de 2005
Durada	8 hores

#### Conceptes sobre cartografia i geodèsia

Descripció	Es buscarà quins són els conceptes cartogràfics relacionats amb un SIG i es farà un estudi de cadascun d'ells.
Resultats	• Principals conceptes cartogràfics relacionats amb un SIG
Inici	26 de setembre de 2005
Fi	29 de setembre de 2005
Durada	8 hores

#### Estudi de Geomedia Professional 5.2

Descripció	Estudi del funcionament i de les característiques més importants del programari Geomedia Professional 5.2.
Resultats	• Llistat i explicació de les principals característiques del programari Geomedia Professional 5.2
Inici	1 d'octubre de 2005
Fi	7 d'octubre de 2005
Durada	20 hores
Dependències	<i>Activitat:</i> Instal·lació del programari principal

#### Estudi de Geomedia Public Works

Descripció	Estudi del funcionament i de les característiques més importants de Geomedia Public Works.
Resultats	• Llistat i explicació de les principals característiques del programari Geomedia Public Works
Inici	8 d'octubre de 2005
Fi	15 d'octubre de 2005
Durada	15 hores
Dependències	<i>Activitat:</i> Instal·lació del programari principal

#### Preparació de l'esborrany de la PAC 2

Descripció	Preparació de tota la documentació obtinguda en les tasques anteriors. Tota aquesta documentació serà lliurada al consultor perquè la validi.
------------	---

Resultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esborrany de la PAC 2</li> </ul>
Inici	16 d'octubre de 2005
Fi	18 d'octubre de 2005
Durada	6 hores

#### Preparació de la PAC 2 definitiva

Descripció	Un cop el consultor valida la PAC 2, aquesta es modifica corregint els errors detectats i aplicant els diferents suggeriments.
Resultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PAC 2 modificada per a ser lliurada de forma definitiva</li> </ul>
Inici	19 d'octubre de 2005
Fi	30 d'octubre de 2005
Durada	4 hores
Dependències	<i>Activitat:</i> Preparació de l'esborrany de la PAC 2

#### Creació del SIG (Urbanístic)

Descripció	Mitjançant Geomedia Professional 5.2, es crearà i configurarà l'espai de treball geogràfic i els corresponents magatzems en funció de l'SGBD escollit prèviament. Seguidament, s'importaran les dades corresponents i s'inseriran les entitats per a la representació urbanística del barri de Sant Llàtzer de Vic.
Resultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espai de treball geogràfic configurat</li> <li>• Magatzem de dades preparat i enllaçat amb l'SGBD escollit i amb Geomedia Professional 5.2</li> <li>• Model de dades del SIG urbanístic</li> <li>• Representació de les dades urbanístiques del barri de Sant Llàtzer de Vic en el SIG</li> <li>• Llegenda del SIG configurada convenientment</li> </ul>
Inici	1 de novembre de 2005
Fi	12 de novembre de 2005
Durada	30 hores
Dependències	<i>Recurs:</i> SGBD escollit <i>Activitat:</i> Instal·lació del programari principal

#### Creació del SIG (Xarxa distribució d'aigua)

Descripció	A partir del SIG creat en la tasca Creació del SIG (urbanístic), s'hi afegeix la xarxa de distribució d'aigua. En aquesta activitat també es realitzarà un conjunt de consultes sobre el SIG creat. Finalment, s'utilitzaran les diferents funcionalitats que ofereix Geomedia Public Works i se'n justificarà el seu ús.
Resultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripció del cicle de vida de l'aigua</li> <li>• Descripció dels elements que formen part d'una xarxa de distribució d'aigua</li> <li>• Model de dades conceptual de la xarxa de distribució d'aigua</li> <li>• Justificació d'ús de Geomedia Public Works</li> <li>• Representació de la xarxa de distribució d'aigua del barri de Sant Llàtzer de Vic</li> <li>• Anàlisi de dades i consultes creades</li> <li>• Ús de l'eina de dimensionament i traçat</li> <li>• Comanda personalitzada integrada en el SIG</li> </ul>
Inici	12 de novembre de 2005
Fi	29 de novembre de 2005
Durada	64 hores
Dependències	<i>Activitat:</i> Creació del SIG (Urbanístic)

### Valoració econòmica

Descripció	Es farà una valoració econòmica de la implementació d'aquest SIG a nivell municipal. És a dir, cal valorar el cost que tindria el desenvolupament d'un SIG de a la xarxa de distribució d'aigua de tot el municipi de Vic.
Resultats	<ul style="list-style-type: none"><li>• Valoració econòmica desglossada de la implementació d'un SIG per a la xarxa de distribució d'aigua de Vic.</li></ul>
Inici	29 de novembre de 2005
Fi	30 de novembre de 2005
Durada	4 hores

### Línies de continuació

Descripció	Es defineixen les possibles línies de continuació que pot tenir el projecte. Aquestes línies de continuació tant poden ser millores com ampliacions del SIG.
Resultats	<ul style="list-style-type: none"><li>• Llistat de possibles línies de continuació del projecte</li></ul>
Inici	30 de novembre de 2005
Fi	30 de novembre de 2005
Durada	2 hores

### Conclusions

Descripció	A partir de l'experiència i dels coneixements obtinguts durant la realització del projecte s'arribarà a unes determinades conclusions.
Resultats	<ul style="list-style-type: none"><li>• Llistat de les conclusions obtingudes un cop finalitzat el projecte</li></ul>
Inici	30 de novembre de 2005
Fi	30 de novembre de 2005
Durada	2 hores

### Preparació de l'esborrany de la PAC 3

Descripció	Preparació de tota la documentació obtinguda en les tasques anteriors per a lliurar-la al consultor en forma de PAC. Tota aquesta documentació serà lliurada al consultor perquè la validi.
Resultats	<ul style="list-style-type: none"><li>• Esborrany de la PAC 3</li></ul>
Inici	30 de novembre de 2005
Fi	2 de desembre de 2005
Durada	8 hores

### Preparació de la PAC 3 definitiva

Descripció	Un cop el consultor valida la PAC 3, aquesta es modifica corregint els errors detectats i aplicant els diferents suggeriments.
Resultats	<ul style="list-style-type: none"><li>• PAC 3 modificada per a ser lliurada de forma definitiva</li></ul>
Inici	3 de desembre de 2005
Fi	6 de desembre de 2005
Durada	6 hores
Dependències	<i>Activitats:</i> Preparació de l'esborrany de la PAC 3

### Preparació de l'esborrany de la memòria

Descripció	Preparació de tota la documentació generada i exposició d'aquesta documentació en forma de memòria. Repàs de la documentació per assegurar-se que segueix la metodologia de redacció d'una memòria. Un cop realitzats els passos anteriors, la memòria es lliurarà al consultor perquè la validi.
Resultats	<ul style="list-style-type: none"><li>• Esborrany de la Memòria del PFC</li></ul>

Inici	6 de desembre de 2005
Fi	26 de desembre de 2005
Durada	20 hores

#### Esborrany de la presentació virtual

Descripció	Creació d'un conjunt de diapositives on s'explicarà de forma gràfica com s'ha realitzat el PFC. Aquest esborrany serà lliurat al consultor perquè el validi
Resultats	• Esborrany de la presentació del projecte en diapositives
Inici	27 de desembre de 2005
Fi	2 de gener de 2006
Durada	20 hores

#### Preparació de la memòria definitiva

Descripció	Un cop el consultor valida la memòria del PFC, aquesta es modifica corregint els errors detectats i aplicant els diferents suggeriments.
Resultats	• Memòria del PFC modificada per a ser lliurada de forma definitiva
Inici	3 de gener de 2006
Fi	6 de gener de 2006
Durada	12 hores
Dependències	<i>Activitat:</i> Preparació de l'esborrany de la memòria

#### Preparació de la presentació virtual definitiva

Descripció	Una vegada validada la presentació virtual per part del consultor, aquesta es modifica corregint els errors detectats i aplicant els diferents suggeriments.
Resultats	• Presentació del projecte en diapositives corregida i preparada per a ser lliurada
Inici	7 de desembre de 2005
Fi	9 de gener de 2006
Durada	12 hores
Dependències	<i>Activitat:</i> Esborrany de la presentació virtual

### 1.3.2 Calendari de treball

A partir de la relació d'activitats s'obté el calendari de treball i el diagrama de Gantt.

ID	Nom de l'activitat	Inici	Fi	Durada	Dependències	Recursos
1	<b>PFC-SIG</b>	<b>Wed 14/09/05</b>	<b>Fri 20/01/06</b>	<b>267 hours</b>		
2	Inici PFC	Wed 14/09/05	Wed 14/09/05	0 hours		
3	Lectura del pla docent i enunciat del PFC	Wed 14/09/05	Wed 14/09/05	2 hours		
4	Trobada amb el consultor	Sat 17/09/05	Sat 17/09/05	2 hours		
5	Indicacions per a la redacció de la memòria	Sun 18/09/05	Sun 18/09/05	2 hours		
6	<b>PAC 1</b>	<b>Sun 18/09/05</b>	<b>Tue 27/09/05</b>	<b>12 hours</b>		
7	Esborrany de la planificació del projecte (PAC 1)	Sun 18/09/05	Tue 20/09/05	8 hours		
8	Lliurament esborrany Pla de Treball (PAC 1)	Tue 20/09/05	Tue 20/09/05	0 hours		
9	Planificació definitiva del projecte (PAC 1)	Wed 21/09/05	Tue 27/09/05	4 hours	7	
10	Lliurament Pla de Treball (PAC 1)	Tue 27/09/05	Tue 27/09/05	0 hours		
11	<b>PAC 2</b>	<b>Sat 24/09/05</b>	<b>Sun 30/10/05</b>	<b>71 hours</b>		
12	<b>Estudi Conceptes Bàsics</b>	<b>Sat 24/09/05</b>	<b>Thu 29/09/05</b>	<b>16 hours</b>		
13	Introducció als SIG	Sat 24/09/05	Sun 25/09/05	8 hours		
14	Conceptes sobre cartografia i geodèsia	Mon 26/09/05	Thu 29/09/05	8 hours		
15	Conceptes bàsics consolidats	Thu 29/09/05	Thu 29/09/05	0 hours		
16	Instal·lació del programari principal	Fri 30/09/05	Fri 30/09/05	4 hours		Programari Geomedia
17	<b>Estudi Conceptes Específics</b>	<b>Sat 01/10/05</b>	<b>Sat 15/10/05</b>	<b>35 hours</b>	<b>16</b>	
18	Estudi de Geomedia Professional 5.2	Sat 01/10/05	Fri 07/10/05	20 hours		
19	Estudi de Geomedia Public Works Manager	Sat 08/10/05	Sat 15/10/05	15 hours	16	
20	Conceptes específics consolidats	Sat 15/10/05	Sat 15/10/05	0 hours		
21	Cerca de dades geogràfiques	Sat 15/10/05	Sat 15/10/05	6 hours		
22	Preparació de l'esborrany de la PAC 2	Sun 16/10/05	Tue 18/10/05	6 hours		
23	Lliurament esborrany PAC 2	Tue 18/10/05	Tue 18/10/05	0 hours		
24	Preparació de la PAC 2 definitiva	Wed 19/10/05	Sun 30/10/05	4 hours	22	
25	Lliurament PAC 2	Sun 30/10/05	Sun 30/10/05	0 hours		
26	<b>PAC 3</b>	<b>Tue 01/11/05</b>	<b>Tue 06/12/05</b>	<b>114 hours</b>		
27	<b>Creació del SIG (Urbanístic)</b>	<b>Tue 01/11/05</b>	<b>Sat 12/11/05</b>	<b>30 hours</b>		
28	Sistema de coordenades	Tue 01/11/05	Tue 01/11/05	2 hours		
29	Magatzems	Wed 02/11/05	Fri 04/11/05	6 hours	28	SBGD escollit
30	Importació de dades	Fri 04/11/05	Sun 06/11/05	6 hours	29;21	
31	Creació i inserció d'entitats	Sun 06/11/05	Fri 11/11/05	12 hours	30	
32	Configuració de la llegenda	Fri 11/11/05	Sat 12/11/05	4 hours	31	
33	Part urbanística del SIG realitzada	Sat 12/11/05	Sat 12/11/05	0 hours		
34	<b>Creació del SIG (Xarxa distribució d'aigua)</b>	<b>Sat 12/11/05</b>	<b>Tue 29/11/05</b>	<b>64 hours</b>		
35	Topologies i elements de les xarxes de distribució	Sat 12/11/05	Sat 12/11/05	4 hours		
36	Model conceptual	Sat 12/11/05	Mon 14/11/05	4 hours	35	
37	Justificació d'ús de Geomedia Public Works	Mon 14/11/05	Mon 14/11/05	3 hours	36	
38	Magatzem de dades	Tue 15/11/05	Tue 15/11/05	4 hours	28;36	
39	Inserció d'entitats	Tue 15/11/05	Thu 17/11/05	9 hours	38	
40	Validació de dades	Thu 17/11/05	Sat 19/11/05	8 hours	39	
41	Anàlisi de dades	Sat 19/11/05	Mon 21/11/05	8 hours	40	
42	Dimensionament	Tue 22/11/05	Tue 22/11/05	2 hours		
43	Traçat	Wed 23/11/05	Wed 23/11/05	2 hours	40	
44	Comanda personalitzada	Thu 24/11/05	Tue 29/11/05	20 hours	40	
45	Treball pràctic finalitzat	Tue 29/11/05	Tue 29/11/05	0 hours		
46	Valoració econòmica	Tue 29/11/05	Wed 30/11/05	4 hours	45	
47	Línies de continuació	Wed 30/11/05	Wed 30/11/05	2 hours	45	
48	Opinió personal i conclusions	Wed 30/11/05	Wed 30/11/05	2 hours	45	
49	Preparació de l'esborrany de la PAC 3	Wed 30/11/05	Fri 02/12/05	8 hours		
50	Lliurament esborrany PAC 3	Fri 02/12/05	Fri 02/12/05	0 hours		
51	Preparació de la PAC 3 definitiva	Sat 03/12/05	Tue 06/12/05	6 hours	49	
52	Lliurament PAC 3	Tue 06/12/05	Tue 06/12/05	0 hours		
53	<b>Memòria i Presentació</b>	<b>Tue 06/12/05</b>	<b>Mon 09/01/06</b>	<b>64 hours</b>		
54	Preparació de l'esborrany de la memòria	Tue 06/12/05	Mon 26/12/05	20 hours		
55	Lliurament esborrany Memòria	Mon 26/12/05	Mon 26/12/05	0 hours		
56	Esborrany de la presentació virtual	Tue 27/12/05	Mon 02/01/06	20 hours		
57	Lliurament esborrany Presentació Virtual	Mon 02/01/06	Mon 02/01/06	0 hours		
58	Preparació de la memòria definitiva	Tue 03/01/06	Fri 06/01/06	12 hours	54	
59	Preparació de la presentació virtual definitiva	Sat 07/01/06	Mon 09/01/06	12 hours	56	
60	Lliurament Memòria	Mon 09/01/06	Mon 09/01/06	0 hours		
61	Lliurament Presentació Virtual	Mon 09/01/06	Mon 09/01/06	0 hours		
62	Fi PFC	Fri 20/01/06	Fri 20/01/06	0 hours		

### 1.3.3 Diagrama de Gantt

A continuació es presenta el diagrama de Gantt dividit en tasques per a una millor comprensió. El diagrama de Gantt ha estat dividit de forma que s'han obtingut els següents subdiagrames:

#### 1. Diagrama de Gantt Global (figura 1)

Es mostra el resum de les tasques a realitzar tenint en compte els lliuraments.

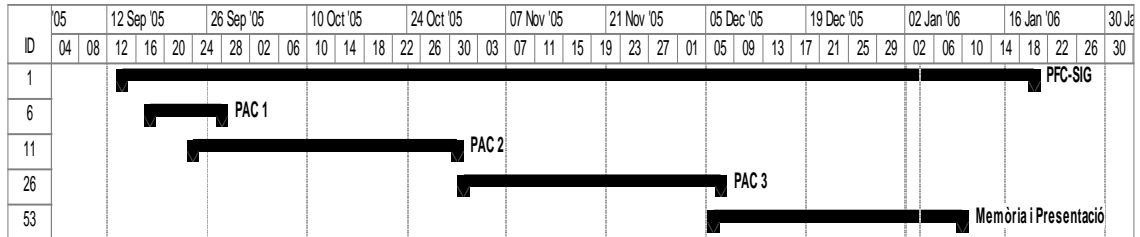


Figura 1 - Diagrama de Gantt Global

#### 2. Diagrama de Gantt de la PAC 1 (figura 2)

Aquest diagrama mostra les tasques a realitzar per tenir preparada la PAC 1. La PAC 1 es basa en la realització del pla de treball.

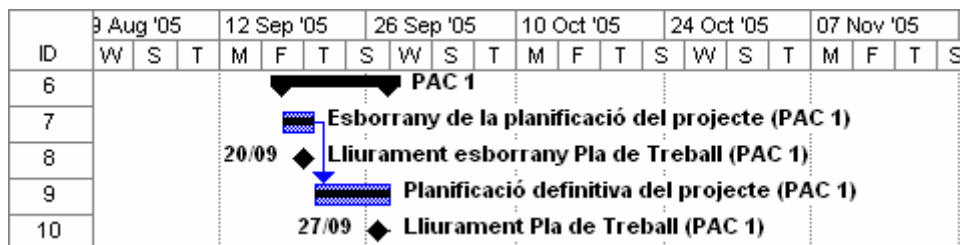


Figura 2 - Diagrama de Gantt PAC 1

#### 3. Diagrama de Gantt de la PAC 2 (figura 3)

Aquest diagrama mostra les tasques a realitzar per tenir preparada la PAC 2. La PAC 2 consisteix en l'estudi de la teoria relacionada amb el projecte.

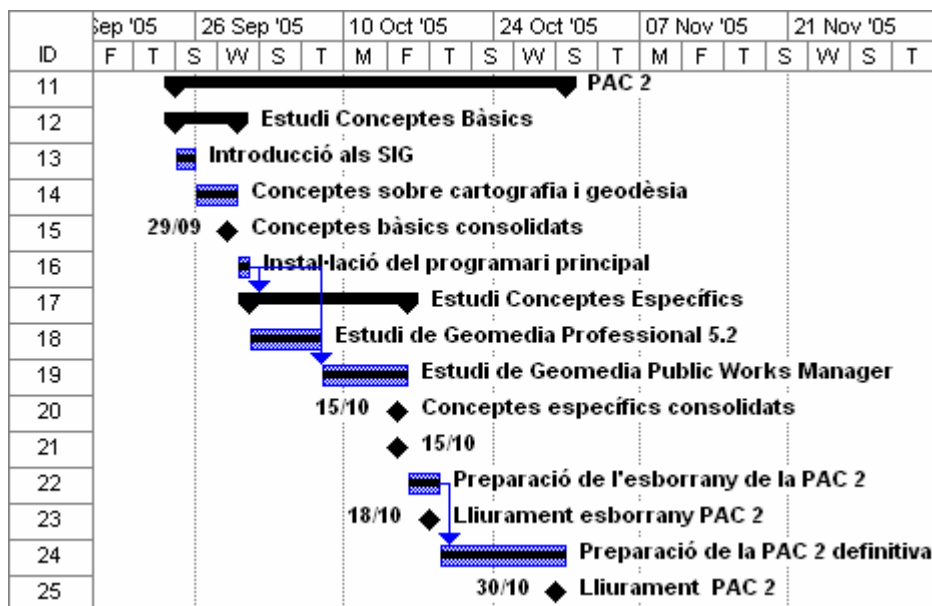


Figura 3 - Diagrama de Gantt PAC 2

#### 4. Diagrama de Gantt de la PAC 3 (figura 4)

Aquest diagrama mostra les tasques a realitzar per tenir preparada la PAC 3. La PAC 3 consisteix en la realització de la part pràctica del projecte.

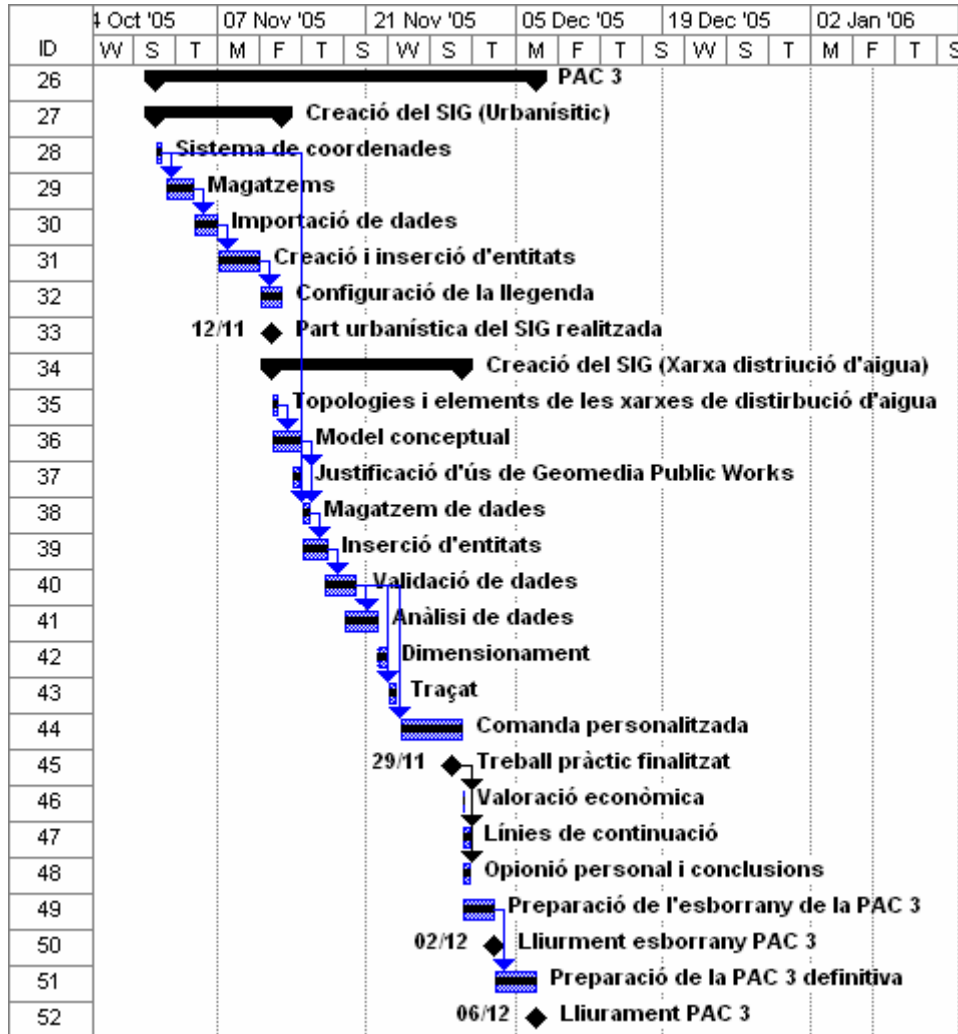


Figura 4 - Diagrama de Gantt PAC 3

#### 5. Diagrama de Gantt de la Memòria i Presentació Virtual (figura 5)

Aquest diagrama mostra les tasques per tenir enllestida la memòria definitiva i la presentació virtual.

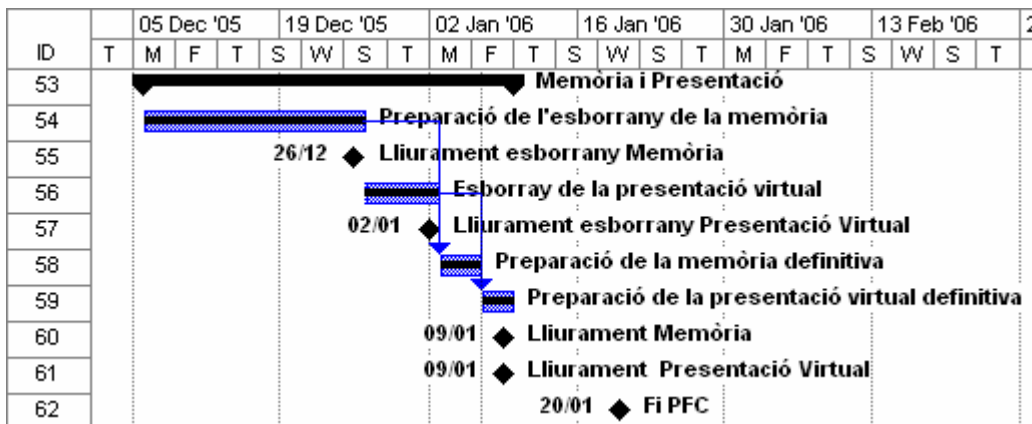


Figura 5 - Diagrama Gantt Memòria i Presentació Virtual

### 1.3.4 Fites principals

La figura 6 mostra un llistat de les fites més importants. Cal ser conscient que l'acompliment de les fites de lliurament de PAC1, PAC2, PAC3, memòria i presentació virtual són d'importància capital.

Fita	Data
• Inici PFC	14 / 09 / 05
• Lliurament esborrany Pla de Treball (PAC 1)	20 / 09 / 05
• Lliurament Pla de Treball (PAC 1)	27 / 09 / 05
• Conceptes bàsics consolidats	29 / 09 / 05
• Conceptes específics consolidats	15 / 10 / 05
• Lliurament esborrany PAC 2	18 / 10 / 05
• Lliurament PAC 2	30 / 10 / 05
• Part urbanística del SIG realitzada	13 / 11 / 05
• Treball pràctic finalitzat	29 / 11 / 05
• Lliurament esborrany PAC 3	2 / 12 / 05
• Lliurament PAC 3	6 / 12 / 05
• Lliurament esborrany Memòria	26 / 12 / 05
• Lliurament esborrany Presentació Virtual	2 / 01 / 06
• Lliurament Memòria	9 / 01 / 06
• Lliurament Presentació Virtual	9 / 01 / 06
• Fi PFC	20 / 01 / 06

Figura 6 - Taula de Fites

### 1.3.5 Anàlisi de riscos

A continuació es fa esment dels possibles riscos vinculats a la realització del projecte i es proposen solucions per a mitigar-ne els possibles efectes.

Per a cada risc es defineixen els següents conceptes:

- **Descripció:** Explicació del risc; quina és la seva naturalesa i quins inconvenients pot representar.
- **Impacte:** Explicació de l'efecte causat directament sobre el pla de treball en cas que el risc esdevingui.
- **Probabilitat:** Pot ser quantificada com a baixa, mitjana o alta. Quant més elevada sigui la probabilitat, més present s'han de tenir les accions de mitigació a l'hora de realitzar el pla de treball.
- **Acció de mitigació:** Accions proactives o reactives que cal realitzar per a suavitzar l'impacte.

Sobrededicació a altres estudis	
Descripció	L'estudi d'altres assignatures o la realització de cursos pot impossibilitar la plena dedicació al PFC durant un temps.
Impacte	No poder realitzar les tasques segons el pla de treball. Endarreriment important en el pla de treball.
Probabilitat	Mitjana
Acció de mitigació	Planificar tenint en compte aquests estudis. Conèixer les seves dates clau al més aviat possible.



### Indisponibilitat de recursos

Descripció	Hi ha un seguit de recursos com ara programari, documentació, dades i ortofotografies, que són necessaris per al desenvolupament del PFC. Existeix la possibilitat de no disposar d'aquests en l'inici de l'activitat.
Impacte	No poder realitzar alguna de les activitats en la data establerta. Cal tenir en compte que hi ha activitats que depenen d'altres. Tot això pot provocar un cert endarreriment en pla de treball.
Probabilitat	Mitjana
Acció de mitigació	Comunicar-se amb el consultor per a intentar obtenir els recursos el més aviat possible. Intentar realitzar altres activitats.

### Poca experiència en aquesta tecnologia

Descripció	Desconeixement inicial de la tecnologia SIG, pot ser que l'aprenentatge sigui difícil.
Impacte	Dificultat i lentitud en el desenvolupament de les tasques a realitzar, i per tant, que s'allarguin més del compte.
Probabilitat	Alta
Acció de mitigació	A l'hora de valorar les activitats s'ha de tenir en compte aquest factor.

### Tasques mal ponderades

Descripció	Una tasca pot estar mal ponderada i tenir una duració superior a l'esperada.
Impacte	El pla de treball no reflecteix la realitat. No és útil.
Probabilitat	Mitjana
Acció de mitigació	Redreçament de la ponderació de l'activitat Modificació del pla de treball.

### Problemes en la instal·lació del programari

Descripció	La instal·lació del programari pot ser problemàtica. Pot haver-hi algun tipus d'incompatibilitat amb el software preinstal·lat. Això pot provocar que l'activitat relacionada s'allargui més del compte i n'afecti d'altres per la indisponibilitat del programari.
Impacte	Endarrerir tot el pla de treball. Fins i tot es pot perdre molt de temps reinstal·lant el sistema operatiu i tot el programari.
Probabilitat	Baixa
Acció de mitigació	Modificació del pla de treball.

### Problemes amb el punt de treball

Descripció	El punt de treball pot patir algun tipus d'avaría. Si és així, no es podrà treballar fins tenir-ne un de nou o bé arreglar-lo. Cal tenir en compte que la llicència de Geomedia es basa en l'adreça MAC de la targeta de xarxa.
Impacte	Endarreriment en el pla de treball. Pèrdua d'informació, cosa que pot provocar un endarreriment greu en el pla de treball.
Probabilitat	Mitjana
Acció de mitigació	Fer còpies de seguretat, també es pot aconseguir una altra màquina en un període de temps curt. Modificació del pla de treball.

## **1.4 Avaluació del material necessari**

### **Coneixements previs**

- Tenir coneixements de Visual Basic
- És recomanable també haver cursat l'assignatura *Metodologia de Sistemes Informàtics*

### **Requeriments de maquinari**

- Microprocessador Pentium® III (mínim) o equivalent
- 350 MB d'espai lliure en la unitat principal
- 512 MB de RAM (recomanat)
- Pantalla SVGA (es recomana un sol monitor). Resolució mínima de 800x600 i colors de 16-bits, es recomana una resolució de 1024x786 y colores de 32-bits
- Accés a la unitat lectora de CD ROM
- Mouse digitalitzador per a entrada o compatible
- Impressora o traçador compatible (opcional)
- Targeta de so (opcional)

### **Requeriments de programari**

- Windows 2000® o Windows XP® SP1
- Microsoft Internet Explorer® 5.5 o més nova (es necessita para la instal·lació i en temps d'execució quan se treballa en l'entorn de la Finestra Composició)
- MS Office 2000®
- MS Project®
- Adobe Acrobat®
- OpenOffice®
- Geomedia Professional 5.2® (Facilitat per la UOC).
- Geomedia Public Works® (Facilitat per la UOC).
- Visual Basic®
- Visor MrSID®
- El gestor de bases de dades triat (ACCESS® o ORACLE®)

## 2 Què és un SIG?

SIG és l'acrònim de Sistema d'Informació Geogràfica. L'objectiu d'aquest capítol és oferir una introducció al món dels SIG. Inicialment es defineix el concepte de SIG (apartat 2.1) i es fa un repàs històric (apartat 2.2) per veure com han evolucionat fins al dia d'avui. Un cop introduït el concepte de SIG se'n descriuen els diferents components (apartat 2.3) posant especial atenció en el component de dades (apartat 2.4), el qual s'explica amb més detall. Seguidament es fa un recull de les principals funcionalitats que ofereix un SIG (apartat 2.5) i quines són algunes de les seves aplicacions (apartat 2.6).

### 2.1 Definició de SIG.

La definició de SIG pot variar en funció de l'ús i finalitat que se li vulgui donar. Tot seguit es donen dues possibles definicions actuals i formals de SIG.

- Un SIG es pot definir com un sistema de maquinari, programari i procediments elaborats per facilitar l'obtenció, gestió, manipulació, anàlisi, modelat, representació i sortida de dades espacialment referenciades per resoldre problemes complexos de planificació i gestió [1].
- Un SIG és un sistema integrat de maquinari, programari i personal relacionat amb dades topogràfiques, demogràfiques, de xarxes de gas, de xarxes d'electricitat, de xarxes d'aigua i altres tipus de dades que estan geogràficament referenciades [2].

A continuació es presenta una explicació planera i descriptiva per entendre què és un SIG.

Els mapes són un dels primers sistemes de representació cartogràfica, tenen colors i no es poden modificar. Més endavant sorgeix la revolució informàtica i apareixen els mapes digitalitzats i emmagatzemats en format digital. Són mapes formats per entitats (línies, cercles, polígons o punts) que no aporten cap tipus d'informació en termes geogràfics. Aquestes dades digitals només poden ser modificades i reproduïdes de forma fàcil, però no es poden utilitzar per fer cap tipus d'anàlisi. Finalment, amb l'aparició dels SIG, aquestes entitats esdevenen "intel·ligents". Per aconseguir-ho s'associen valors a les diferents entitats que representaran termes geogràfics reals. Per exemple, en un mapa d'estats cada estat és una entitat amb la informació de la població, dimensions, renda per càpita, etc. [3].

Tot i que l'explicació anterior és força rudimentària, serveix per entendre l'estructura bàsica de tot SIG: un fitxer gràfic (dada gràfica) relacionat amb un atribut (valor) [4].

### 2.2 Evolució històrica

El primer indici de protoSIG en la història de la humanitat data de fa 35.000 anys. Es tracta de pintures rupestres fetes per homes de Cromanyó on es veuen dibuixos d'animals juntament amb un conjunt de línies que representen les seves rutes de migració [4].

Un altre exemple de protoSIG, tot i que més modern, és el que va crear el Dr. John Snow al 1854. Snow va cartografiar la incidència de casos de còlera en un mapa del districte de SoHo a Londres. Aquest protoSIG li va permetre localitzar amb precisió el causant del brot: un pou d'aigua contaminada [5].

Els SIG actuals disten molt dels exemples anteriors de protoSIG. Per aconseguir arribar als actuals han hagut de succeir un conjunt de fets indirecta o directament relacionats amb el món dels SIG [6].

Fins a dia d'avui, alguns dels esdeveniments que han propiciat l'evolució de la tecnologia SIG han estat els següents:

- Aparició dels primers ordinadors de sobretaula, els PC
- Necessitat de moure i gestionar grans bases de dades
- Desenvolupament de tecnologies afins, com ara el CAD
- Aparició d'informació georreferenciada: altimetria i planimetria

De forma més directa, el conjunt d'activitats que han impulsat la tecnologia SIG han estat relacionades amb la recerca i posteriorment amb la implementació de SIG amb més funcionalitats:

- 1966: H. Fisher crea el "Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis" (L.C.G.) destinat al disseny i desenvolupament de software per a aplicacions cartogràfiques amb finalitats d'anàlisi espacial.
- 1968: Aparició del SYMAP, un programa de cartografia automàtica amb capacitat per generar mapes.
- 1969: Environmental Systems Research Institute (E.S.R.I.) Fundada per J. Dangermond fou la pionera en l'elaboració, comercialització i distribució de SIG amb finalitats comercials.
  - AUTOMAP II
  - GRID
  - GRID 3D
  - ARC/INFO (1982): Primer sistema complet d'anàlisi espacial que utilitza l'estructura vectorial topològica d'arc/node (veure apartat 2.4.1). Per la seva gran versatilitat pot executar-se en diverses plataformes. El mòdul ARC processa les dades cartogràfiques (la informació gràfica), mentre que el mòdul INFO processa la informació associada als elements (la informació alfanumèrica).
- 1975: Aparició de l'ODISSEY, que pot considerar-se el primer SIG amb estructura topològica d'arc/node
- 1985: Elaboració del Sistema d'Informació Territorial de Catalunya, el S.I.T.C.
- 1988: Adquisició de la primera llicència a Catalunya d'ARC/INFO (E.S.R.I.)

### 2.3 Components d'un SIG

Tot SIG modern està format per un conjunt d'elements que interactuen entre ells. En l'apartat *Definició de SIG* (apartat 2.1) s'ha donat una idea dels principals components que formen un SIG. A la figura 7 es mostra un esquema amb aquests principals components.

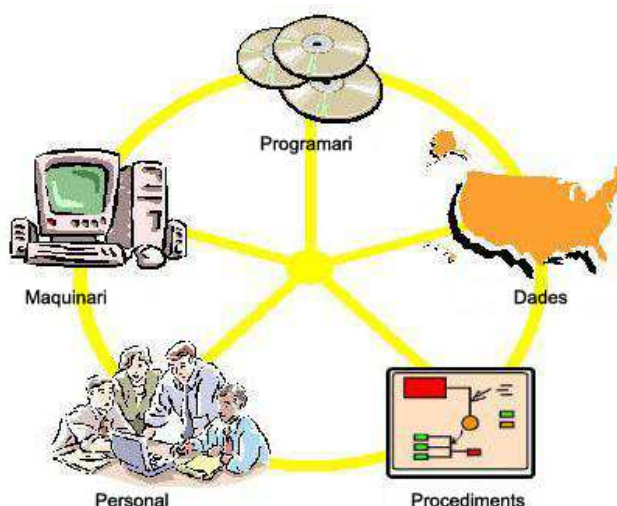


Figura 7 - Esquema SIG

A continuació s'explica el funcionament dels diferents elements [7]:

## Maquinari

El maquinari més important és la computadora on el SIG opera. Avui en dia, els SIG funcionen sobre una gran varietat de maquinari: servidors centralitzats, ordinadors de sobretaula *stand-alone* o connectats en xarxa, etc. A part de la computadora on el SIG opera, també hi ha un conjunt de maquinari que cal tenir en compte. Tot i que alguns elements de maquinari són totalment necessaris, d'altres poden ser opcionals. Aquest fet està condicionat pel desenvolupament del SIG o per la seva finalitat.

- Perifèrics d'entrada
  - Teclat
  - Mouse
  - Tauleta digitalitzadora
  - Scanner
  - Equips de teledetecció
  - Equips de fotogrametria
  - Equips de GPS
  
- Perifèrics de sortida
  - Impressora (matricial, làser, injecció o tèrmica)
  - *Plotter* (injecció, làser, electrostàtic)
  - Gravadora de cel·luloide
  
- Perifèrics d'emmagatzematge
  - Disc dur
  - Disc magnètic
  - Disc òptic

## Programari

El programari SIG està compost per un conjunt d'eines i funcionalitats que permeten l'anàlisi, emmagatzematge i mostra de dades geogràfiques. Els components claus del programari SIG són:

- Sistema gestor de base de dades (SGBD)
- Eines per a l'entrada i manipulació de dades geogràfiques
- Eines de suport geogràfic que permetin l'execució de consultes, anàlisi i visualització
- Interfície gràfica

## Dades

Probablement el component més important d'un SIG són les dades. Les dades geogràfiques i les dades descriptives poden ser recollides o bé comprades a algun proveïdor. La majoria de SIG utilitzen un SGBD per crear i mantenir una base de dades amb la finalitat d'organitzar, manipular i documentar aquestes dades.

## Personal

La tecnologia SIG no té sentit sense el personal que gestiona el sistema per poder explotar-lo. Aquest personal el formen des del tècnic especialista que dissenya i manté el sistema fins a l'usuari final.

## Procediments

Un SIG opera segons el seu disseny i les seves regles de negoci. A partir del desenvolupament de procediments que actuen sobre el disseny i regles de negoci es pot obtenir un conjunt d'informació que pot ser molt valuós, per exemple, a l'hora de prendre decisions.

### **2.4 Tipus de dades que manipula un SIG**

Com s'ha explicat en el punt anterior, les dades són l'element més important d'un SIG. En un SIG es poden distingir dos tipus de dades: **les descriptives i les espacials**.

Una dada descriptiva és aquella que està associada a un objecte geogràfic [10]. Mitjançant les dades descriptives es defineixen les característiques i propietats que les entitats poden tenir. Un dels models associats a aquest tipus de dades és el **model entitat relació** (també anomenat de dades tabulars).

Les dades espacials que aporten informació sobre la localització, la forma i les relacions dels elements gràfics s'emmagatzemen com a coordenades i topologia. Per a aquest tipus de dades existeixen dos tipus de models: el model vectorial i el model *raster*.

#### 2.4.1 Model vectorial

En el model vectorial els objectes del món real es representen mitjançant punts, línies i polígons. Per exemple, una xarxa de camins pot ser representada amb línies, les cases amb àrees i les àrees d'accidents amb punts. No existeixen regles estrictes o ràpides sobre com un objecte del món real pot ser representat. Tot i així, s'ha de tenir en compte la forma més apropiada. En tots els casos, un o varis atributs d'informació (qualitatius o quantitius) poden ser vinculats a aquests punts, línies i polígons. Per exemple, es poden utilitzar punts, línies i polígons per representar una àrea urbana. Els punts representen les ubicacions de botigues locals a l'àrea, les línies representen la xarxa de camins i les àrees mostren els diferents tipus d'ús del sòl, com el residencial, el de pastura o el de reserva ecològica [11].

L'esquema de la figura 8 mostra com una representació d'objectes del món real es transforma en una estructura formada per punts, línies i polígons [13]. La imatge de l'esquerra mostra una fotografia d'una muntanya, mentre que la imatge de la dreta mostra possibles representacions vectorials d'aquesta muntanya. Les representacions vectorials poden donar idea d'alçada, concentració de roques i pas de rius mitjançant l'ús de colors i tonalitats.

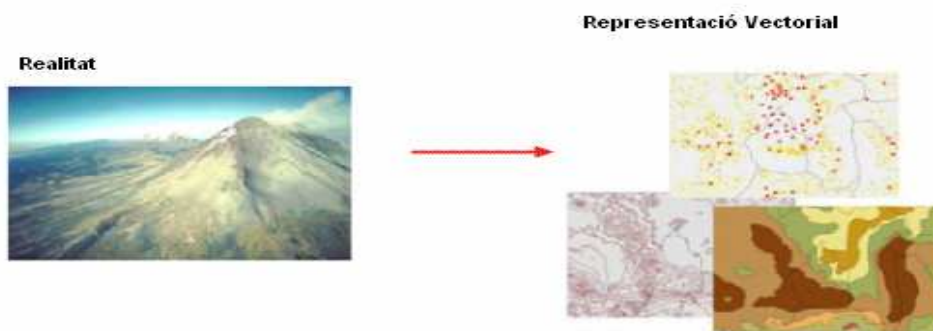


Figura 8 - Representació Vectorial

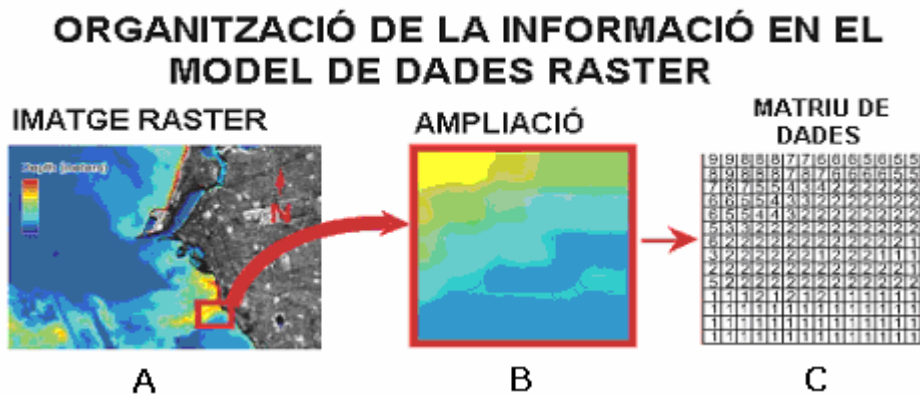
#### 2.4.2 Model *raster*

El model *raster* basa la seva funcionalitat en una concepció implícita de les relacions de veïnatge entre els objectes geogràfics. Com es mostra a la figura 9, aquest model consisteix en dividir la zona d'afecció de la base de dades en una retícula o malla regular de petites cel·les (*pixels*) i atribuir un valor numèric a cada cel·la com a representació del seu valor temàtic. Com que la malla és regular, la grandària del *pixel* és constant i es coneix la posició en coordenades del centre de les cel·les. Així doncs, es pot dir que tots els *pixels* estan georeferenciats.

Per tenir una descripció precisa dels objectes geogràfics continguts a la base de dades, la grandària del *pixel* s'ha de reduir en funció de l'escala, la qual cosa farà que la malla tingui una resolució alta. Tot i així com més gran sigui el número de files i columnes de la malla, major serà l'esforç en el procés de captura de la informació i major el cost computacional en el moment de processar-la.

El model de dades *raster* és útil quan s'han de descriure objectes geogràfics amb límits difusos, com per exemple la dispersió d'un núvol o, com es mostra en la figura 9, la temperatura del mar [12].

La representació d'una imatge *raster* es basa en l'assignació d'un valor numèric a cada *pixel* de la imatge. Per exemple, en el cas de la figura 9, el *pixel* pot tenir un valor entre 1 i 9 (imatge A). Aquesta figura permet veure la relació entre el color del *pixel* (imatge B) i el valor que aquest té assignat (imatge C).



*Figura 9 - Model Raster*

### 2.4.3 Avantatges i desavantatges dels dos models

A continuació es mostren els principals avantatges i desavantatges que presenten els models *raster* i *vectorial* [14].

#### Model Raster

- Avantatges
  - És una estructura simple de dades
  - Les operacions de superposició de mapes s'implementen de forma més ràpida i eficient
  - És la forma més eficient de representació quan la variació espacial de les dades és molt alta
  - Permet un tractament eficient de les imatges digitals
- Desavantatges
  - L'estructura de dades és poc compacta, tot i que les tècniques de compressió d'informació poden superar aquest problema
  - Certes relacions topològiques són difícils de representar
  - La sortida de gràfics resulta menys estètica, doncs els límits entre zones tendeixen a presentar l'aparença de blocs en comparació amb les línies suavitzades dels mapes dibuixats a mà. Aquest fet pot solucionar-se utilitzant un número molt elevat de cel·les més petites, però com a resultat d'aquesta tècnica els fitxers poden arribar a ser inacceptablement grans

#### Model Vectorial

- Avantatges
  - Genera una estructura de dades més compacta que el model *raster*
  - Genera una codificació eficient de la topologia i conseqüentment una implementació més eficient de les operacions que requereixen informació topològica, com ara l'anàlisi de xarxes
  - És adequat per generar gràfiques que s'aproximin més als mapes dibuixats a mà
- Desavantatges
  - És una estructura de dades més complexa que el model *raster*
  - Les operacions de superposició de mapes són més difícils d'implementar
  - Resulta poc eficient quan la variació espacial de les dades és molt alta
  - El tractament de realçament de les imatges digitals no pot ser realitzat de forma eficient mitjançant el format *vectorial*

#### 2.4.4 Superposició de capes

Tal com s'ha vist en els apartats 2.4.1 i 2.4.2, existeixen dos models de dades espacials: el model vectorial i el model *raster*. Les diferents capes que formen la superfície de la Terra representada en un SIG (veure figura 10) poden seguir el model *raster* o el model vectorial. Aquesta flexibilitat dependrà del programari emprat per al desenvolupament del SIG.

Com mostra la figura 10, la informació espacial es representa en forma de capes, on es descriuen la topografia, la disponibilitat d'aigua, els terrenys, els boscos i prats, el clima, la geologia, la població, la propietat de la terra, els límits administratius i les infraestructures (carreteres, vies de ferrocarril, sistemes d'electricitat o de telecomunicacions).

Una de les funcions més importants d'un SIG és la capacitat de combinar les diferents capes en una sola operació. Aquesta operació rep el nom de superposició [15].

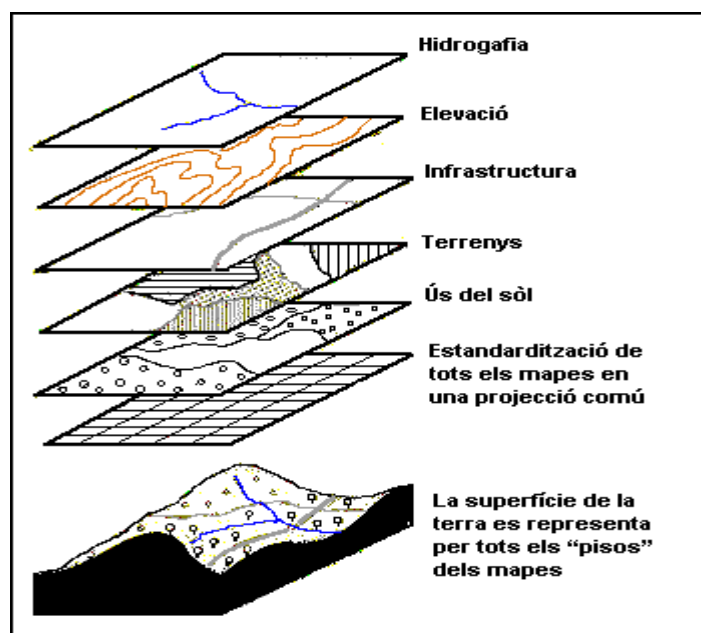


Figura 10 – Superposició

#### 2.5 Funcionalitats d'un SIG

En els apartats 2.1, 2.3 i 2.4 s'ha estudiat el concepte de SIG, els diferents elements que el componen i els tipus de dades que utilitza. A continuació s'esmenten les diferents funcionalitats que un SIG ofereix.

Una forma intuïtiva de veure les diferents funcionalitats que tot SIG implementat i en explotació ha de ser capaç d'oferir, és mitjançant la resposta a les següents qüestions [8]:

- què hi ha a...?  
Permet saber què es troba en una localització determinada. És a dir, ha de proporcionar la funcionalitat de localització.
- on es troba...?  
Permet trobar quin lloc compleix un determinat conjunt de característiques. Es pot considerar com una extensió de l'anterior, és a dir, ha de permetre la localització condicionada.
- què ha canviat des de...?  
Permet comparar situacions temporals diferents. Així doncs, ha de permetre a l'usuari detectar tendències al llarg dels temps.



- quin és el camí òptim...?  
Permet calcular quin és el millor camí en funció del temps, el cost, la distància, etc. Aquesta funcionalitat és proporcionada per un seguit d'eines relacionades amb la gestió de rutes, on els algorismes d'intel·ligència artificial hi tenen un paper protagonista.
- quins patrons de distribució existeixen...?  
Permet analitzar les regularitats espacials que es produeixen. En altres paraules, detectar pautes de comportament.
- què succeiria si...?  
Permet generar models per simular l'efecte que produiria un cert fenomen. Aquesta funcionalitat pot ser molt útil a l'hora de prendre decisions, doncs pot predir el que pot succeir si s'actua d'una manera o d'una altra. Cal tenir present que aquesta funcionalitat té uns certs límits a causa del seu cost computacional i la quantitat de variables que cal tenir en compte per a la realització d'una simulació fidel a la realitat.

Un cop esmentades les diferents funcionalitats que tot SIG ha d'oferir, es pot veure el resultat de la seva utilització en casos concrets. En el següent punt es mostra un conjunt d'aplicacions implementades a través d'un SIG.

## **2.6 Aplicacions**

Es pot dir que el límit de les aplicacions que es poden obtenir a partir de la tecnologia SIG ve donat per la imaginació. A continuació es detalla una llista de contexts on es pot aplicar la tecnologia SIG i dins de cada context es fa esment d'un exemple real [8][49]:

- Electricitat, Gas i Aigües
  - Les principals companyies de gas, electricitat i aigua gestionen les seves xarxes de distribució mitjançant un SIG
- Gestió de flotes fent ús de la tecnologia GPS [9]
  - Control i gestió eficient de les flotes pesqueres
  - Control i gestió eficient de les flotes de vehicles d'una empresa (logística)
- Geomarketing
  - El marketing empresarial a través d'un SIG pot realitzar estudis de la ubicació dels panells de propaganda, monitorització de clients i evolució de l'eficàcia de la publicitat per a un determinat tipus de públic
- Hidrologia
  - Aplicacions per a l'anàlisi d'inundacions
  - SIG amb els recursos hídrics del país
- Medi ambient
  - Control de canvis mediambientals de determinades zones. Estudi de les tendències, motius i simulacions
  - Control de desastres naturals, predicció i simulació
- Telecomunicacions
  - Gestió i manteniment del desplegament de les xarxes de telecomunicacions d'un país o d'una ciutat
- Transports
  - Gestió eficient de la xarxa de transport públic d'una ciutat: metro, autobús, ferrocarril i altres

### **3 Conceptes bàsics de cartografia i geodèsia**

Tal com s'ha estudiat en el capítol 2 un dels components més importants d'un SIG són les dades geogràfiques. En aquest capítol es farà un estudi dels diferents processos de representació de dades geogràfiques.

La capacitat de representació geogràfica dels SIG es basa en la cartografia, és per aquest motiu que en el present capítol se'n dóna la definició (apartat 3.1) i se n'expliquen els orígens (apartat 3.2). De la mateixa manera, la cartografia es val de la geodèsia per aconseguir els seus objectius i per tant també caldrà donar-ne la definició (apartat 3.3).

La intenció primera d'aquest capítol és la de mostrar els diferents processos per aconseguir representar part o la totalitat de la superfície terrestre en un pla. Aquests processos són:

- Procés de reducció (relacionat amb la geodèsia) (apartat 3.3)
- Procés de projecció (relacionat amb la cartografia) (apartat 3.5)

També s'han de poder referenciar aquests objectes representats en el pla amb els objectes reals. Això s'aconsegueix a través del sistema de coordenades (apartat 3.4).

#### **3.1 Conceptes de cartografia**

En aquest apartat es donen definicions de cartografia (apartat 3.1.1) i de mapa (apartat 3.1.2), doncs molts dels conceptes que apareixeran al llarg del treball hi estan relacionats.

##### **3.1.1 Definició de cartografia**

La cartografia es pot definir com el conjunt d'estudis i d'operacions científiques i tècniques que intervenen en la formació o anàlisi de mapes, models en relleu o globus, que representen la Terra, o part d'ella, o qualsevol part del Univers [16].

##### **3.1.2 Definició de mapa**

L'Associació Cartogràfica Internacional defineix el concepte de mapa com: "La representació convencional gràfica de fenòmens concrets o abstractes, localitzats en la Terra o en qualsevol punt de l'Univers" [16].

#### **3.2 Orígens de la cartografia**

Les primeres civilitzacions que van mesurar els terrenys amb l'ajuda de la geometria van aparèixer a Mesopotàmia. En aquesta regió hi ha gravats de mapes de ciutats en pedra.

Els grecs, que van ser els pares de la geografia, van desenvolupar les tècniques cartogràfiques. "La Geografia" de Ptolomeu va ser una obra que influiria en la represa de la cartografia al segle XVI. En aquesta obra Ptolomeu va desenvolupar les projeccions cartogràfiques, o sigui, la forma de representar en una superfície plana l'esfera terrestre [37].

Els romans, en canvi, es van interessar més pel vessant pràctic de la cartografia. L'única obra que coneixem de l'època romana és un mapa itinerari, la Tabula Peutingeriana (figura 11), a través d'una còpia medieval [53].

A l'Edat Mitjana hi va haver una forta influència de la cosmografia cristiana. Es creia, per exemple, que Jerusalem era el centre del món. Les formes més primitives de mapes medievals són els esquemàtics mapes en "T". A l'Alta Edat Mitjana hi ha obres força treballades, com ara el mapamundi circular de Hereford [17].



Figura 11 - "Tabulae Rudolphinae : quibus astronomicae ...." de Johannes Kepler

### 3.3 Conceptes geodèsics

Una de les bases de la cartografia és la geodèsia, és a dir, la cartografia es val de la geodèsia per poder acomplir els seus objectius. A continuació, en aquest apartat es dóna la definició de geodèsia i en els següents apartats es defineixen i s'expliquen conceptes relacionats.

#### 3.3.1 Definició de geodèsia

La geodèsia és la ciència que tracta de la determinació de la grandària, forma i massa de la Terra, així com la definició dels mètodes més exactes possibles per a la medició i càlcul de la representació gràfica de la seva superfície [19].

Donada la definició de geodèsia, a continuació s'expliquen tres conceptes relacionats amb aquesta ciència: el geoide, l'el·lipsoide i el datum.

#### 3.3.2 Procés de reducció: el geoide, l'el·lipsoide i el datum

Mitjançant la georreferenciació és possible determinar la posició d'un objecte amb gran precisió a través d'un conjunt de coordenades. Aplicar aquesta tècnica quan s'intenten representar extensions de terreny petites resulta fàcil, doncs es pot obviar la corbatura de la Terra i aplicar-la directament sobre un model pla. El problema sorgeix en el moment que s'intenta georreferenciar, amb exactitud, objectes sobre grans extensions.

A l'hora d'aplicar la tècnica de georreferenciació sobre extensions grans s'ha de ser conscient, principalment, de dos problemes [20]:

1. La Terra no és esfèrica, sinó que és sensiblement més ample per l'Equador que pels pols.
2. La composició de la superfície de la Terra no és homogènia ni uniforme, sinó que està formada per serralades, fosses oceàniques, cràters, etc.

El primer problema es soluciona prenent com a model un objecte de revolució més semblant però que sigui, des del punt de vista matemàtic, poc complex. Aquest objecte de revolució és l'el·lipsoide [18].

El·lipsoide

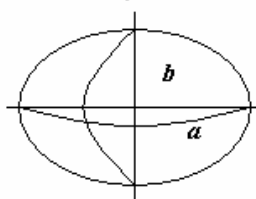


Figura 12 - El·lipsoide

Tal com es pot observar a la figura 12, els paràmetres per definir un el·lipsoide són [22]:

- Radi polar =  $b$
- Radi equatorial =  $a$
- Aixafament =  $f = (a - b) / a$

El segon problema es resol mitjançant el model del geoide. Aquesta superfície de nivell és equipotencial en el camp de la gravetat i coincideix amb la superfície de l'aigua dels oceans en repòs, estesa virtualment per sota dels continents, de manera que la direcció de les línies de plomada creuen perpendicularment aquesta superfície en tots els seus punts [21]. La figura 13 mostra una simulació del model del geoide. En aquesta figura, mitjançant la representació gràfica del geoide, es pot veure com la superfície de la terra és irregular, és a dir, per uns punts sobresurt i per uns altres s'enfonsa.

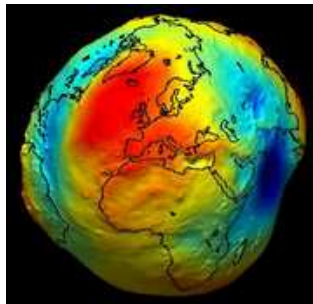


Figura 13 - Simulació del geoide

Malgrat que el geoide permet representar la superfície de la Terra amb gran precisió, aquest no pot utilitzar-se directament perquè la seva complexitat matemàtica és massa elevada per modelitzar-lo.

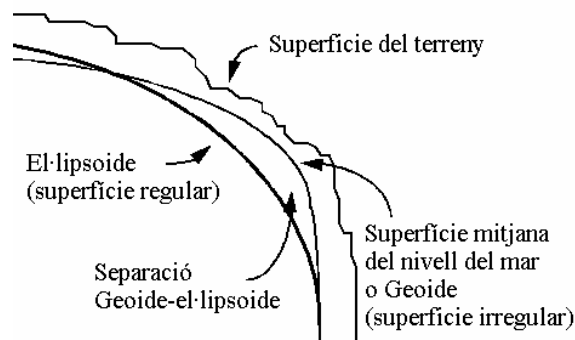


Figura 14 – Comparació el·lipsoide – geoide

La solució que s'adopta, com es pot veure a la figura 14, és fer coincidir l'el·lipsoide per la superfície del geoide on interessa fer la representació geogràfica. Per aconseguir aquest objectiu es dona un valor als dos semi-eixos de l'el·lipsoide i a la seva posició central respecte el centre de masses de la Terra. Aquest conjunt de valors s'anomena datum. El datum està definit per:

- El valor dels semi-eixos de l'el·lipsoide i el factor d'aixafament.
- El punt fonamental: Punt on la superfície del geoide i la de l'el·lipsoide són tangents.

Existeixen dos tipus de datum: el geocèntric i el local. El datum s'anomena **geocèntric** quan el centre de l'el·lipsoide coincideix amb el centre de masses de la Terra, tal com mostra la part dreta de la figura 15. Com es pot observar en la part esquerra de la figura 15, el datum s'anomena **local** quan s'ajusta a la superfície del geoide en un punt concret de la superfície de la terra, independentment de com quedi ajustat l'el·lipsoide en la resta de punts [20].

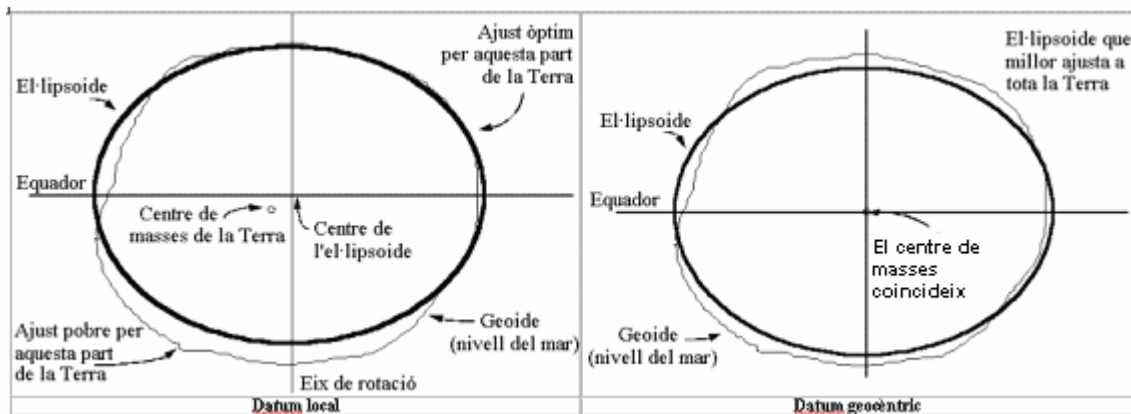


Figura 15- Datum local i datum geocèntric

El conjunt d'operacions per expressar les dades de la superfície terrestre a un determinat el·lipsoide s'anomena **reducció**.

### 3.4 Sistemes de coordenades

Un cop obtingut el model matemàtic explicat en el capítol 3.3 a través del procés de reducció, cal veure com es pot arribar a determinar un punt de la Terra sobre aquest model. És a dir, com es pot establir una relació de posició entre un objecte real situat a la Terra i la seva representació en el model obtingut. Per fer-ho caldrà definir el concepte de meridià (apartat 3.4.1), longitud (apartat 3.4.2) latitud, paral·lel (apartat 3.4.3) i latitud (apartat 3.4.4).

#### 3.4.1 Definició de meridià

Un meridià és una línia imaginària que uneix els pols. Els meridians defineixen línies d'igual longitud. No són, doncs, cercles màxims, sinó la meitat d'un cercle màxim: semicercles [23]. El meridià de Greenwich es pren com a origen de les longituds. La figura 16 mostra una representació dels meridians, que són les línies verticals del dibuix.

#### 3.4.2 Definició de longitud

La longitud és la distància, en graus mesurats sobre l'Equador, que hi ha d'un lloc respecte al meridià d'origen (Greenwich), tal com mostra la figura 16. A partir d'aquest es compta negativament de 0 graus a 180 graus cap a l'oest i positivament de 0 graus a 180 graus cap a l'est [24].

#### 3.4.3 Definició de paral·lel

Els paral·lels són les interseccions produïdes sobre l'esfera terrestre per uns plans imaginaris, paral·lels entre ells, i alhora perpendiculars a l'eix de gir de la Terra. Sobre aquests es mesura la latitud, que pot variar entre els 90 graus Nord i els 90 graus Sud. La figura 16 mostra com es calcula aquest angle.

El paral·lel de l'Equador determina l'origen de les latituds, i és l'únic paral·lel que és un cercle màxim [25]. La figura 16 mostra una representació dels paral·lels, que són les línies horitzontals del dibuix.

#### 3.4.4 Definició de latitud

La latitud és la distància angular, mesurada sobre un meridià, entre una localització terrestre (o de qualsevol altre planeta) i l'Equador (figura 16). Es mesura en graus i varia entre  $+90^\circ$  i  $-90^\circ$ . Si el punt pertany a l'hemisferi Nord la latitud és positiva, si pertany a l'hemisferi Sud és negativa [26].

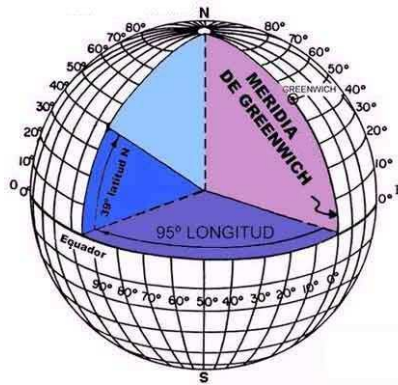


Figura 16 - Latitud, Longitud, Meridians i Paral·lels

### 3.4.5 Procés de georreferenciació

A partir d'un datum es pot determinar un punt de la superfície de la Terra sobre el model matemàtic explicat anteriorment. Hi ha tres formes diferents de fer-ho:

- **Sistema de coordenades geogràfic**  
Per determinar un punt mitjançant coordenades geogràfiques cal determinar la longitud (apartat 3.4.2) i la latitud (apartat 3.4.4) sobre l'el·lipsoide [20].
- **Sistema de coordenades projectat**  
Aquest sistema de coordenades es referencia a un pla de projecció amb una relació amb l'esferoide coneguda, que expressa les coordenades en forma d'X i Y, on generalment X senyala cap a l'est en el mapa i Y cap al nord en un punt escollit com a origen del mapa.
- **Sistema de coordenades geocèntric**  
És un sistema de coordenades cartesià (X,Y,Z). L'eix X passa per la intersecció del meridià principal amb l'Equador, l'eix Y passa per la intersecció de l'Equador amb el pla a 90 graus cap a l'est i l'eix Z correspon a l'eix polar de la Terra. Els eixos X i Y són positius cap enfora y l'eix Z és positiu cap al pol nord. Mitjançant aquest sistema de coordenades, es pot determinar la posició d'un punt respecte el centre de la Terra.

Aquests tres sistemes de coordenades es relacionen entre ells, com es pot veure a la figura 17, a través d'unes expressions matemàtiques [20]. Per fer-ho s'estableixen les següents relacions:

- L'origen de la coordenada X en el sistema cartesià és el pla de longitud de 90 graus
- L'origen de la coordenada Y en el sistema cartesià és el pla que passa per la longitud 0 graus (cap a l'est)
- L'origen de la coordenada Z en el sistema cartesià és el pla que passa per la latitud 0 graus (Equador)

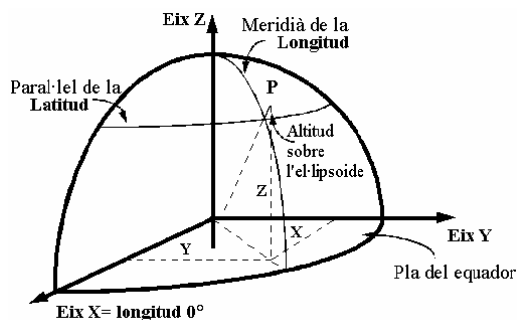


Figura 17 - Correspondència entre coordenades geogràfiques i geocèntriques

### 3.5 Projeccions cartogràfiques

Un cop determinada la posició de cada punt sobre l'el·lipsoide de projecció, és a dir, la seva latitud i longitud, cal aplicar una projecció cartogràfica amb la finalitat de representar la superfície de l'el·lipsoide en una representació plana.

El procés de projecció causa un conjunt de deformacions anomenades **anamorfosi** [27]. En funció del tipus de projecció que s'aplica, les deformacions poden afectar algunes propietats cartogràfiques com les proporcions entre àrees o distàncies entre punts, entre d'altres.

Existeixen centenars de formes de projectar l'el·lipsoide sobre una superfície. Malgrat això, totes poden ser agrupades en tres grups en funció de la superfície sobre la qual es projecta el globus. Així doncs, trobem les projeccions **azimutals, les còniques i les cilíndriques**.

Cal tenir present que existeixen altres tipus de projeccions derivades d'aquestes primeres, com per exemple les pseudocilíndriques, les policòniques, les cilíndriques modificades, les obliqües i les planes modificades. Aquestes projeccions, que no seran tractades en aquest treball, no són una correspondència geomètrica directa.

#### 3.5.1 Propietats cartogràfiques de les projeccions

Com s'ha comentat en la introducció d'aquest punt, l'aplicació d'una projecció o una altra afecta a un conjunt de propietats cartogràfiques. Principalment, hi ha tres propietats que cal tenir en compte [28] [32]:

- **Equivalència**  
Si una projecció manté les proporcions entre les diferents àrees representades, aleshores es diu que presenta la propietat d'equivalència.
- **Equidistància**  
Es diu que una projecció presenta la propietat d'equidistància si manté les distàncies entre un cert conjunt de punts.
- **Conformitat**  
Una projecció és conforme si manté les formes (els angles) localment. Per a cada punt del mapa l'escala és la mateixa en totes les direccions, això no vol pas dir que l'escala sigui la mateixa per a punts diferents.

#### 3.5.2 Projecció azimutal

La projecció azimutal tipus de projecció també s'anomena plana, ja que el model és un pla tangent a un punt a l'esfera.

Com es mostra a la figura 18, aquest tipus de projecció es sol fer sobre els pols i dóna una imatge com si un observador veiés la Terra des de la vertical del pol. Habitualment representen les zones polars o bé mostren un hemisferi complet [29].

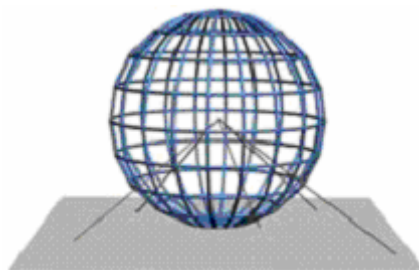


Figura 18 – Esquema de la projecció azimutal

Existeixen diferents projeccions basades en la projecció azimutal. Tot seguit es fa esment d'algunes d'elles i de les seves propietats.

### Exemples i relació de propietats:

- **Projecció azimutal equidistant**
  - Projecció azimutal
  - Manté l'escala de les distàncies respecte el centre del mapa
  - No és equivalent
  - No és conforme
- **Projecció azimutal equivalent o de Lambert** (figura 19) [45]
  - Projecció azimutal equivalent
  - És equivalent
  - No és conforme

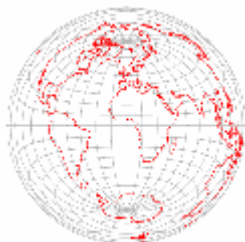


Figura 19 - Projecció azimutal equivalent de Lambert

- **Projecció azimutal esterogràfica o conforme**
  - Projecció azimutal
  - Manté els angles respecte el centre del mapa
  - No manté les distàncies
  - No manté les àrees relatives
  - No és equivalent
  - És conforme
- **Projecció azimutal ortogràfica**
  - Projecció azimutal
  - No és equivalent
  - No és conforme
  - Només pot mostrar alhora un sol hemisferi amb el centre de projecció al centre del mapa

### 3.5.3 Projecció cònica

La projecció cònica es fa sobre un con que està en contacte amb un paral·lel de latituds mitjanes, com es mostra a la figura 20. La imatge que s'obté és la que un observador tindria si veiés la Terra des de la vertical de les latituds mitjanes.

Aquesta projecció fou ideada pel matemàtic alemany Lambert a finals del segle XVIII. Els meridians són línies rectes en forma radial i els paral·lels són arcs concèntrics que van augmentant cap a l'Equador. Aquesta projecció és adequada per representar les zones temperades ja que hi ha una distorsió insignificant en aquelles zones [30].

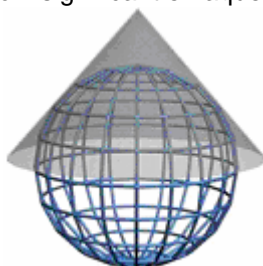


Figura 20 – Esquema de la projecció Cònica



Existeixen diferents projeccions basades en la projecció cònica, seguidament es fa esment d'algunes d'elles i de les seves propietats.

**Exemples i relació de propietats:**

- **Projecció d'Albers** (figura 21) [46]
  - Projecció cònica
  - Preserva les àrees
  - No és conforme
  - No és equidistant

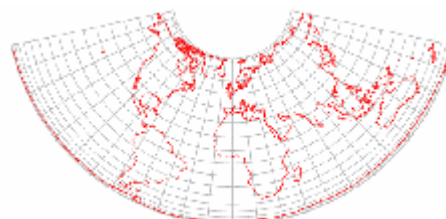


Figura 21 - Projecció d'Albers

- **Projecció de Krovak**
  - Projecció cònica
  - És conforme
  - No és equidistant
  - No preserva les àrees
  - Utilitzada especialment a les República Txeca i Eslovàquia

- **Projecció de Bonne** (figura 22) [36]
  - Projecció pseudo-cònica
  - No és conforme
  - No és equidistant
  - Preserva les àrees.

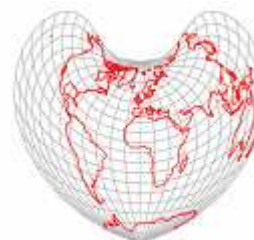


Figura 22 - Projecció de Bonne

### 3.5.4 Projecció cilíndrica

Com mostra l'esquema de la figura 23, la projecció cilíndrica es fa sobre un cilindre que fa la volta a tota la Terra. La imatge que s'obté és la que un observador tindria si veiés la Terra situada a la vertical de l'Equador. Normalment es fa sobre el paral·lel de l'Equador.

Aquesta projecció representa correctament la zona entre l'Equador i els tròpics i després amplia la seva distorsió [31].

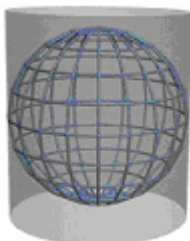


Figura 23 – Esquema de la projecció cilíndrica

Existeixen diferents projeccions basades en la projecció cilíndrica. Tot seguit es fa esment d'algunes d'elles i de les seves propietats.

**Exemples i relació de propietats:**

- **Projecció cilíndrica equidistant**
  - Projecció cilíndrica
  - No és conforme
  - No és equivalent
  - L'escala és constant al llarg de l'Equador però la distorsió creix cap a les zones polars

- **Projecció cilíndrica equivalent**
  - Projecció cilíndrica
  - És equivalent
  - No és conforme
  - L'escala és constant al llarg de l'Equador però la distorsió creix cap a les zones polars

- **Projecció de Mercator** (figura 24) [47]
  - Projecció cilíndrica
  - És conforme
  - No és equivalent
  - L'escala és constant al llarg de l'Equador però la distorsió és molt gran cap a les zones polars
  - No es poden representar latituds molt altes

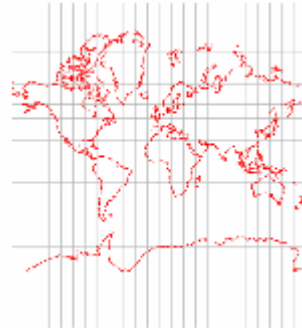


Figura 24 -Projecció de Mercator

- **Projecció sinusoidal**
  - Projecció pseudo-cilíndrica
  - És equivalent
  - No és conforme
  - L'escala és constant al llarg dels paral·lels, i també del meridià central.

### 3.5.5 El sistema UTM

La projecció conforme UTM (Universal Transversal Mercator) actualment està acceptada com a estàndard per la majoria de països. Aquesta projecció es basa en la de Mercator tot i que, com es pot veure a la figura 25, el cilindre és transvers i tangent al globus terraquí al llarg del meridià que s'escull com a origen [34].

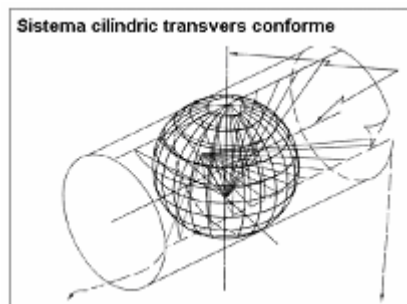


Figura 25 - Sistema cilíndric transvers conforme

En un primer moment, aquest sistema aplicat a grans extensions de longitud fa que hom es vagi allunyant del meridià de tangència, la qual cosa provoca distorsions considerables. Per resoldre aquesta problemàtica es subdivideix la superfície terrestre en 60 fusos iguals de 6 graus de longitud cadascun (veure figura 26). Com a resultat d'aplicar aquest mètode s'obtenen 60 projeccions iguals, però cadascuna amb el seu meridià central respectiu [33].

Seguidament, si mitjançant aquest sistema es projecta tot el món, la distància entre paral·lels augmenta a mesura que hom s'allunya de la línia de l'Equador. Aquest fenomen provoca que hi hagi una distorsió molt gran prop dels pols. Per aquest motiu, aquesta projecció es considera vàlida entre els 84 graus de latitud nord i els 80 graus de latitud sud.

La projecció UTM té un sistema de coordenades propi, que es basa en els 60 fusos. En primer lloc, els fusos es divideixen latitudinalment en zones. Aquestes divisions es fan cada 8 graus donant a lloc a 20 zones.

Tal com es mostra a la figura 26, les zones s'identifiquen amb lletres: de la C fins a la X, excloent-ne la I, la LL i la O.

Finalment, en el mapa, les zones es marquen amb les lletres a la part dreta i amb graus de separació a l'esquerra. Com es pot observar a la figura 26, els fusos es marquen amb el número corresponent a la part superior i amb els graus de separació respecte el meridià origen a la part inferior.

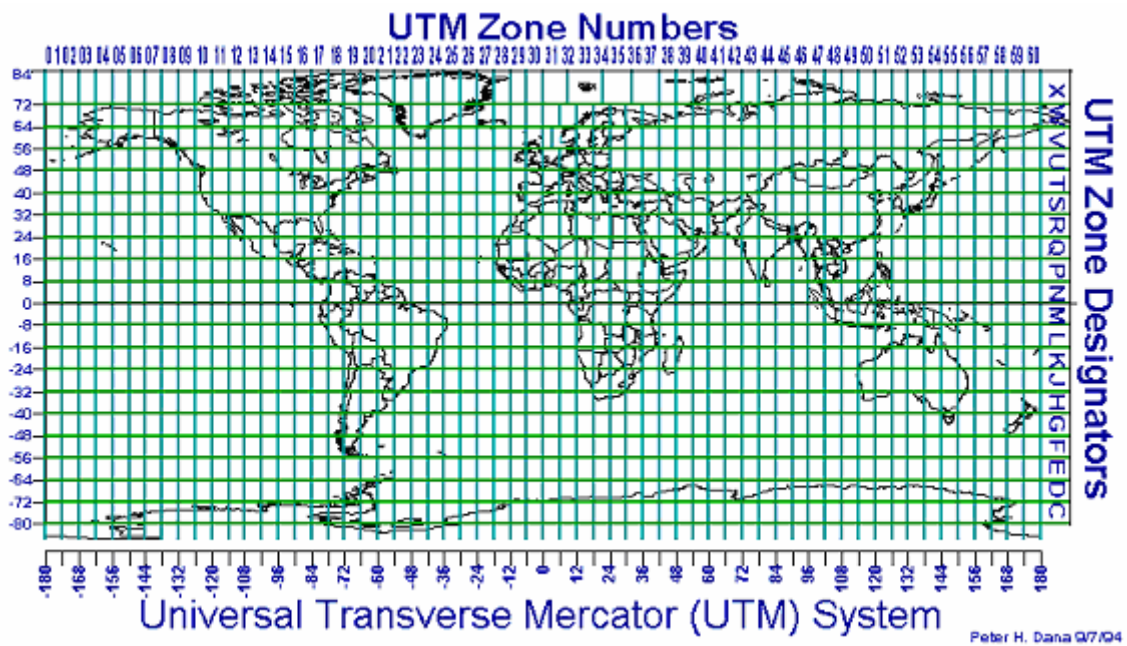


Figura 26 - Representació zones UTM

## 4 Estudi de GEOMEDIA PROFESSIONAL 5.2

Un cop estudiat el concepte de SIG (capítol 2) i els diferents conceptes cartogràfics i geodèsics directament relacionats amb els SIG (capítol 3), en aquest capítol es farà un estudi d'un programari SIG en concret: *Geomedia Professional 5.2*.

Inicialment es donarà una descripció les diferents aplicacions que ofereix la companyia *Intergraph* relacionades amb la tecnologia SIG (apartat 4.1). Després es farà un resum dels elements bàsics que ofereix l'aplicació per a la construcció i manteniment d'un SIG (apartat 4.2) fent especial èmfasi en la llegenda (apartat 4.3). Seguidament s'expliquen els mètodes de validació i d'anàlisi de dades (apartats 4.4 i 4.5 respectivament). Finalment, s'explicarà com es pot aprofitar un llenguatge de programació (apartat 4.6), com ara *Visual Basic*, per treure un major rendiment de *Geomedia Professional*.

Aquest capítol està basat en la documentació que acompanya l'aplicació *Geomedia Professional 5.2*, tant en el manual d'usuari com en la guia d'aprenentatge [38][40].

### 4.1 Descripció de *Geomedia Professional 5.2*

*Geomedia Professional* és una aplicació de la companyia *Intergraph* [35] per a la creació i el manteniment d'un SIG.

*Intergraph*, mitjançant la plataforma *Geomedia*, ofereix un conjunt de programaris SIG amb la intenció d'aportar flexibilitat, interoperabilitat i una arquitectura oberta.

Entre d'altres, els productes de la família *Geomedia* són:

- **Geomedia Fusion**  
Facilita la integració de dades geoespacionals provinents de diferents bases de dades.
- **Geomedia Grid**  
Facilita la integració i anàlisi de dades tabulars i vectorials.
- **Geomedia Image**  
Ofereix un conjunt d'eines per a la manipulació d'imatges geoespacionals.
- **Geomedia Objects**  
Entorn de desenvolupament per a la creació de mapes i SIG.
- **Geomedia PublicWorks**  
Permet l'administració i desenvolupament de SIG relacionats amb les xarxes de distribució d'aigües (veure capítol 5).
- **Geomedia Terrain**  
Component per a la visualització i anàlisi de terrenys. Inclou un conjunt d'utilitats per a la visualització de terrenys en tres dimensions.
- **Geomedia Transport Manager**  
Eina especialment pensada per a SIGs en els quals les dades s'han d'actualitzar de forma constant.
- **Geomedia WebMap**  
Permet la visualització d'informació geoespacial de forma ràpida i senzilla.

Dins la plataforma *Geomedia*, un dels productes més notoris és *Geomedia Professional*. *Geomedia Professional* utilitza bases de dades relacionals estàndard i n'aprofita el seu potencial. A més, aporta una alta productivitat mitjançant eines avançades de captura, edició, anàlisi i presentació de dades.

Les principals característiques de Geomedia Professional 5.2 són [38]:

- Comandes de simbologia avançada per a la presentació de dades en un mapa
- Utilització del potencial d'estàndards empresarials (sistemes gestors de bases de dades, formats de dades geoespacionals, etc.)
- Fàcil integració amb múltiples magatzems
- Escalabilitat per a la implementació distribuïda entre diferents departaments
- Arquitectura oberta que maximitza la flexibilitat de les eines
- Suport per a la presa de decisions degut a la capacitat de realitzar anàlisis dinàmiques
- Capacitats avançades de captura i edició de dades
- Alta qualitat en la presentació de les dades
- Integració amb altres tecnologies, com ara el GPS i dispositius mòbils

## **4.2 Elements bàsics de Geomedia Professional 5.2**

Els elements bàsics que formen part de Geomedia Professional 5.2 són [38]:

- El GeoWorkspace
- Sistemes de coordenades
- Els magatzems
- Les imatges
- Els tipus de finestres d'un GeoWorkspace
- Les entitats

### **4.2.1 El GeoWorkspace**

L'entorn de treball de Geomedia Professional 5.2 és el GeoWorkspace (apartat 4.2.1), en aquest entorn es troben les connexions dels magatzems (apartat 4.2.3) amb les seves dades, les finestres de mapa (apartat 4.2.7) i de dades (apartat 4.2.8), les barres d'eines, la informació del sistema de coordenades (apartat 4.2.2) i les consultes que s'hagin creat (apartat 4.5). El GeoWorkspace és, doncs, el primer element que cal crear o obrir per començar a treballar.

Un cop dins del GeoWorkspace es pot modificar el seu sistema de coordenades (apartat 4.2.2), establir connexions a magatzems (apartat 4.2.3), executar consultes (apartat 4.5), veure les dades i realitzar anàlisis espacionals (apartat 4.5). La configuració i les connexions que es defineixen en un GeoWorkspace es guarden en un fitxer .gws i les dades reals es guarden en el magatzems.

Tot GeoWorkspace es crea a partir d'una plantilla que es pot crear o modificar segons les necessitats de l'usuari.

Les operacions que es poden realitzar sobre el GeoWorkspace són [38]:

- **Creació d'un GeoWorkspace**  
Es fa a través d'una plantilla preexistent (com ara Normal.gwt). El nom del GeoWorkspace s'assigna en el moment de guardar-lo al disc per primer cop.
- **Obrir un GeoWorkspace existent**  
No és pot obrir més d'un GeoWorkspace de forma simultània. Un GeoWorkspace es pot obrir per a només lectura o per a lectura i escriptura.
- **Còpia de seguretat d'un GeoWorkspace**  
Per protegir-se de la possible pèrdua del GeoWorkspace hi ha l'opció de fer còpies de seguretat dels GeoWorkspace de forma automàtica. Aquesta opció només té sentit quan el GeoWorkspace és de lectura i escriptura.

- **Guardar, tancar i copiar un GeoWorkspace**  
Mitjançant l'opció "archivo" de la barra de menú es pot guardar, tancar i copiar el GeoWorkspace obert.
- **Enviar per e-mail un GeoWorkspace**  
Mitjançant l'opció "enviar" de la barra de menú s'obre l'aplicació predeterminada de correu electrònic es pot enviar el GeoWorkspace per e-mail. Aquesta funcionalitat només té sentit si l'altra persona té els mateixos magatzems de dades amb les mateixes rutes relatives.
- **Crear una plantilla de GeoWorkspace**  
Tot GeoWorkspace es crea a partir d'una plantilla. Es poden crear plantilles amb la finalitat de crear Geoworkspaces amb unes característiques predeterminades (barra d'eines, sistema de coordenades, etc.). Si una plantilla està en xarxa pot ser utilitzada per diversos usuaris alhora.
- **Vincular i incrustar un GeoWorkspace**  
Geomedia Professional 5.2 pot funcionar com a servidor OLE. Això permet a l'usuari introduir un objecte del GeoWorkspace en una aplicació contenedora compatible amb OLE, per exemple, el Microsoft Word.

#### 4.2.2 Sistemes de coordenades

Com s'ha comentat en el punt 4.2.1, en el GeoWorkspace es defineix el sistema de coordenades amb el qual es treballarà. Tot i així, les diferents classes d'entitat (veure apartat 4.2.4) que hi ha en un magatzem poden tenir un sistema de coordenades propi i únic. Per aquest motiu, l'aplicació és capaç de transformar sistemes de coordenades i així poder mostrar les classes d'entitats dels magatzems a la finestra de mapa del GeoWorkspace.

Geomedia professional 5.2 suporta els sistemes de coordenades geogràfic, projectat i geocèntric (apartat 3.4.5) [38].

#### 4.2.3 Els magatzems

En els magatzems es guarden i es consulten dades tant de tipus geogràfic com descriptiu. Així doncs, Geomedia Professional 5.2 a través de connexions a magatzems obté i guarda la informació que es mostra i manipula en els Geoworkspaces.

La versió 5.2 de Geomedia Professional suporta connexions amb magatzems creats amb el següent software [38]:

- Access
- ARC/INFO
- Shapefile d'ArcView
- CAD: AutoCAD i ArcView
- MicroStation/IGDS
- FRAMME
- MapInfo
- MGE
- MGE Data Manager
- MGE Segment Manager
- ODBC Tabular
- Model d'Objectes Oracle
- Servidor SQL
- Servidor de SmartStore
- Servidor de fitxers de text

Cal tenir en compte que Geomedia Professional 5.2 només és capaç d'escriure sobre les bases de dades Oracle, Access i SQL Server. Des de Geomedia Professional 5.2 només és possible crear magatzems de tipus Access. Qualsevol altre tipus de magatzem s'ha de crear a part i fer servir després les utilitats de Geomedia Professional 5.2 per poder emmagatzemar dades geogràfiques. Per exemple, es pot obtenir informació d'un magatzem ARC/INFO i guardar-la en un magatzem Access.

#### 4.2.4 Les entitats

Una entitat es pot entendre com la representació d'un objecte real. Tota entitat pertany a una classe d'entitat i cada classe d'entitat té un conjunt d'atributs que la defineixen. Des del punt de vista intern, una classe d'entitat es representa per una taula on les columnes són els atributs i les files les entitats (ocurrències de la classe).

Les operacions que es poden realitzar sobre una classe d'entitat són les següents [38]:

- Afegir atributs (columnes)
- Eliminar atributs
- Canviar atributs
- Canviar el valor dels atributs (cel·les)
- Afegir o eliminar entitats (files)

A cada entitat, segons la seva naturalesa, se li ha d'assignar una geometria. Mitjançant la geometria, l'entitat es pot representar a la finestra de mapa.

Hi ha diferents geometries que poden representar una entitat:







	<b>Entitat Punt</b> Es representa per un o més punts. Un exemple d'aquesta entitat seria una boca d'accés.
	<b>Entitat lineal</b> Es representa mitjançant una o més línies o arcs. Aquestes entitats es poden agrupar i semblar que només hi hagi una sola línia. Un exemple d'aquest tipus d'entitat seria una carretera.
	<b>Entitat d'àrea</b> Es representa com una zona delimitada. Aquest tipus d'entitats poden contenir altres entitats d'àrea. Un exemple d'entitats d'àrea són les províncies i les poblacions.
	<b>Entitat composta</b> Pot tenir geometria de punt, lineal i d'àrea dins una classe d'entitat o dins una entitat individual.
	<b>Entitat de text</b> Es representen mitjançant text en el mapa.
	<b>Entitat d'imatge</b> Aquest entitat és representada per una imatge <i>raster</i> .

Figura 27 - Geometries d'entitat

Les entitats poden ser contínues o no contínues. Una entitat contínua és aquella que només té una geometria. Per exemple, Hawaii és una entitat no contínua, ja que està formada per diferents illes on cada illa és una geometria separada.

#### 4.2.5 Les imatges

Geomedia Professional 5.2 tracta les imatges *raster*, com per exemple mapes escanejats, fotografies aèries i imatges de satèl·lits, com a entitats de tipus imatge.

Només es poden inserir imatges en classes d'entitats de tipus imatge existents quan el sistema de coordenades de la imatge i el de la classe coincideixin. En cas contrari, caldrà crear una classe d'entitat especialment pensada per a la imatge que es vol inserir.

Geomedia Professional 5.2 permet inserir dos tipus d'imatges raster diferents [38]:

- **Imatges Interactives**

Per inserir una imatge interactiva cal dibuixar un rectangle dinàmic. Amb la col·locació de la imatge interactiva, el sistema de coordenades de la imatge inserida és el mateix que el sistema de coordenades del GeoWorkspace.

- **Imatges Georreferenciades**

Una imatge georeferenciada és aquella en la qual cadascun dels punts que la formen està relacionat amb el seu punt corresponent de la superfície terrestre [48].

La col·locació d'una imatge georreferenciada és la inserció d'una imatge georegistrada directament a la classe entitat imatge en un magatzem especificat per l'usuari. Alguns tipus d'imatges georreferenciades són:

- GeoTIFF
- GeoTie d'Intergraph
- Matriu d'encapçalament d'Intergraph
- USGS DOQ
- Fitxer del món (World File) associat

#### 4.2.6 Tipus de finestres d'un GeoWorkspace

Un GeoWorkspace pot contenir diverses finestres, com per exemple finestres de mapes i finestres de dades. Aquestes finestres proporcionen diferents formes de visualitzar les dades.

#### 4.2.7 Finestra de mapa

La finestra de mapa mostra la visualització de gràfics o entitats (objectes geogràfics). Cada finestra de mapa conté les notes marginals següents [38]:

- Una llegenda per identificar els elements que es mostren
- Una fletxa del nord per a l'orientació del mapa
- Una barra d'escala per a mostrar l'escala de visualització a l'usuari

Aquesta finestra es pot configurar en funció de les necessitats de l'usuari. Disposa d'un conjunt d'eines per facilitar la visualització del seu contingut (zoom, ajustar la finestra a una selecció determinada, actualitzar les dades, etc.) i permet la visualització d'un mapa seguint uns determinats patrons (mapes temàtics), és a dir, en funció dels valors dels atributs de les entitats que formen part del mapa.

A la figura 28 es mostra una finestra de mapa, on es pot veure la fletxa nord, la llegenda i l'escala. Aquest mapa mostra en vermell les carreteres que passen per unes determinades ciutats dels estats de Minnesota i Wisconsin [40].

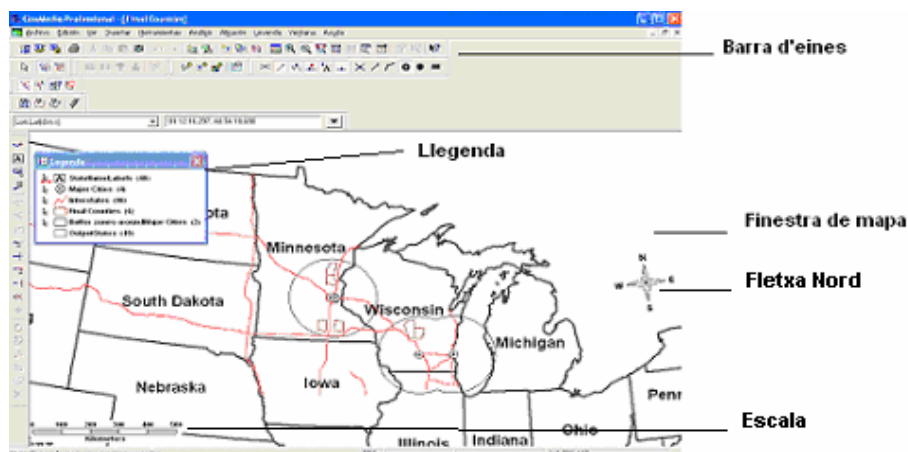


Figura 28 - Finestra de mapa



### 4.2.8 Finestra de dades

La finestra de dades complementa la visualització de la informació, és a dir, si la finestra de mapa mostra la informació geogràfica, la finestra de dades mostra la informació descriptiva. En la finestra de dades la informació es mostra en forma de taula, on les columnes representen els atributs i les files les ocurrencies de la classe entitat.

Si es treballa sobre un magatzem d'escriptura, les dades descriptives es poden modificar directament mitjançant la finestra de dades. S'ha de ser conscient que qualsevol modificació es reflecteix a la finestra de mapa. Així doncs, si s'elimina una fila de la finestra de dades, l'entitat corresponent també s'elimina del mapa.

La figura 29 mostra una finestra de dades amb les ciutats més grans de Minnesota i Wisconsin.

Major Cities								
ID	CITY_NAME	POP	WHPOP	BLKPOP	HSPPOP	ASIAHPOP	MEDAGEMAL	MI
1961	MADISON, WI	191262	174290	8080	3478	6717	29,2	30,9
2204	MILWAUKEE, WI	628088	453978	142803	29532	10512	30,8	33,4
2207	MINNEAPOLIS, MN	368383	307050	36341	5973	13074	31,8	34,2
3219	ST PAUL, MN	272235	235718	14771	8381	15131	31,1	33,5

Figura 29 - Finestra de dades

### 4.3 La llegenda

Com s'ha comentat en el punt 4.2.7, la finestra de mapa conté una llegenda. La llegenda serveix per controlar quins objectes cal mostrar i com s'han de mostrar dins de la finestra de mapa activa. A continuació es descriuen els diferents elements i propietats que, com mostra la figura 32, formen la llegenda:

- Barra de títol  
Pot activar-se i desactivar-se. Per poder tancar la llegenda, la barra de títol ha d'estar activada.
- Clau d'estil  
Per representar el tipus i l'estat d'un objecte en una finestra de mapa s'assigna una determinada clau d'estil.  
Les figures 30 i 31 mostren les diferents claus d'estil en funció del tipus i de l'estat de l'objecte respectivament. La figura 32 mostra com es visualitzen aquests elements a la llegenda.

	Classe d'entitat de punt
	Classe d'entitat de línia
	Classe d'entitat d'àrea
	Etiqueta de text
	Classe d'entitat composta
	Classe d'entitat d'imatge
	Visualització temàtica per rangs
	Visualització temàtica de valors únics

Figura 30 - Tipus d'entitats en la llegenda

	Les dades de l'entitat no han estat carregades
	La connexió al magatzem està tancada
	L'entitat no és vàlida
	L'entitat es pot localitzar. És a dir, es pot localitzar al mapa
	L'entitat es mostra en funció de l'escala del mapa

Figura 31 - Possibles estats d'una entitat

- Títol de l'entrada  
Mostra el nom de la classe d'entitat.
- Estadístiques  
Es visualitza el número d'entitats que pertanyen a la classe d'entitat.

Els estats o tipus d'objectes de la llegenda que es mostren a la figura 32 queden descrits en les figures 30 i 31. En aquestes dues últimes figures es mostra la icona associada a l'objecte i una explicació d'aquest.

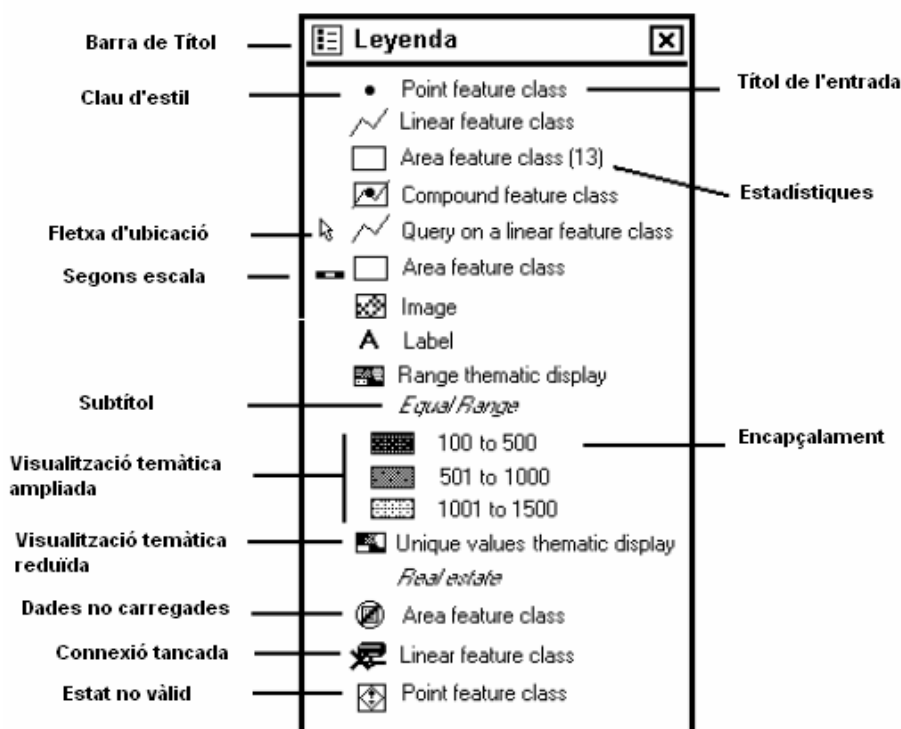


Figura 32 - Elements de la llegenda

#### 4.3.1 Mapes temàtics

Mitjançant la llegenda es poden representar objectes de la mateixa classe d'entitat de diferents formes. Aquesta funcionalitat s'anomena visualització temàtica i es basa en una consulta sobre un determinat atribut d'una classe d'entitat (apartat 4.5). La figura 33 exemplifica aquesta funcionalitat mitjançant la visualització, en diferents tonalitats de verd, de les classes d'entitat CasesSeparades i CasesUnifamiliars.

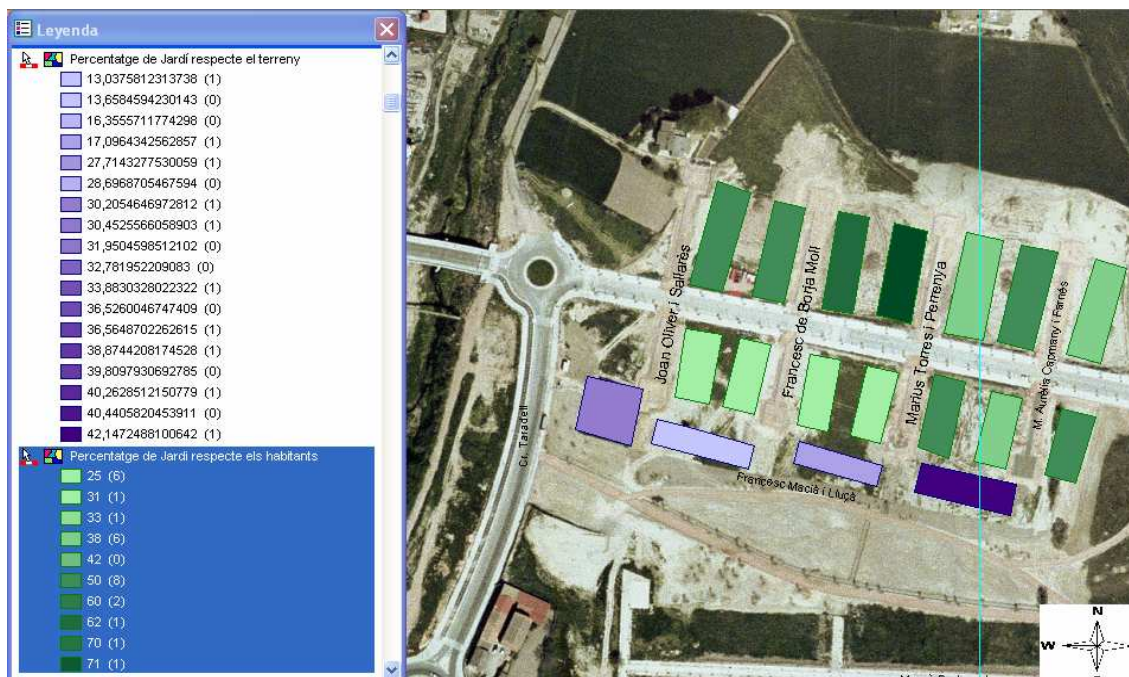


Figura 33 - Exemple de visualització temàtica

#### 4.4 Validació d'entitats amb geometria

Tot SIG ha d'oferir mecanismes per a la detecció i correcció d'errors, ja que és possible que a simple vista una o diverses entitats amb geometria semblin correctes quan en realitat no ho són (per exemple dues línies connectades a un punt).

Geomedia Professional 5.2 ofereix un conjunt d'eines per a la detecció i arranjament de la geometria i el connexament de les diferents entitats que formen el SIG. La utilització d'aquest conjunt d'eines és recomanable per validar tant entitats inserides a través de l'entorn de Geomedia com entitats importades mitjançant altres eines.

##### 4.4.1 Detecció d'errors de geometria

Mitjançant la validació de geometria és possible detectar els següent errors:

- Retocés i punt duplicat  
Un límit d'àrea, un forat o una geometria lineal es sobreescrui sobre ella mateixa. La figura 34 mostra un exemple d'aquest tipus d'error.

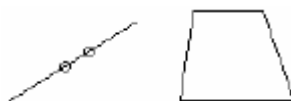


Figura 34 - Error de punt duplicat

- Llaç  
La geometria d'un límit d'àrea o d'un forat té una intersecció amb ella mateixa. Com es pot veure en la figura 35, en la geometria de l'entitat hi ha un punt de tall de les línies que provoca l'error de llaç.



Figura 35 - Error de llaç

- Àrea sense tancar  
Un límit d'àrea o un forat no es tanca sobre ell mateix, és a dir, l'últim vèrtex no coincideix amb el primer. En la figura 36 es pot veure una representació d'aquest error.



Figura 36 - Error d'àrea sense tancar

- Forat no contingut  
Un forat que no està dins el límits d'una altra entitat. A la figura 37 es pot veure com l'entitat quadrada conté un forat que no està totalment encabit dins d'ella.



Figura 37 - Error de forat no contingut

- Forat superposats  
Són forats que es superposen dins els límits. La figura 38 mostra un exemple d'aquest error.

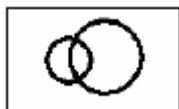


Figura 38 - Error de superposició

- Tipus de geometria no vàlida  
La geometria emmagatzemada en un magatzem no és la mateixa que la geometria que representa l'entitat.
- Grup de geometries buit  
El grup de geometries no conté cap geometria, és a dir, una entitat composta d'un conjunt de geometries no té cap geometria.
- Vèrtexs insuficients  
Les geometries dels polígons contenen menys de quatre vèrtexs; les geometries de línies poligonals contenen menys de dos vèrtexs.
- Tipus de geometria desconegut  
El format binari no es pot convertir en un objecte de geometria.

#### 4.4.2 Detecció d'errors de connexament

La validació de connexament depèn de la geometria del parell d'entitats que s'interconnecten. Els errors que es poden detectar poden ser:

- Línies molt curtes  
Dues línies no s'arriben a tocar i per tant no hi ha interconnexió. La figura 39 exemplifica aquest tipus d'error amb dues formes diferents.

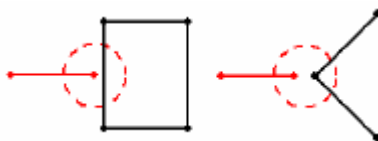


Figura 39 - Error de línies curtes

- Línies molt llargues  
Dues línies són massa llargues i per tant no hi ha interconnexió. La figura 40 mostra aquest tipus d'error de dues formes diferents.



Figura 40 - Error de línies llargues

- Nodes no coincidents  
Dos nodes no s'arriben a tocar. La figura 41 mostra un exemple d'aquest tipus d'error.

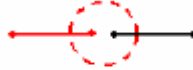


Figura 41 - Error de nodes no coincidents

- Geometries intersecants sense dividir  
Dues línies es creuen però no es genera cap vèrtex. La figura 42 mostra un exemple d'aquest tipus d'error.



Figura 42 - Error de geometries intersecants sense dividir

- Línies quasi coincidents  
Dues línies no s'arriben a tocar. Aquestes línies poden pertànyer a entitats amb geometria de línia o d'àrea. La figura 43 exemplifica de dues formes diferents aquest tipus d'error.



Figura 43 - Error de línies quasi coincidents

## 4.5 Anàlisi de dades

Geomeia Professional 5.2 permet realitzar un ampli conjunt d'operacions d'anàlisi. Aquest conjunt d'operacions es basa en consultes tant a nivell d'atributs descriptius com a nivell d'atributs espacials. És a dir, es fan consultes sobre els atributs de les diferents entitats i les seves relacions [38][40].

### 4.5.1 Consultes amb filtres

Consisteix en definir una condició que el conjunt d'entitats ha de complir. Aquest tipus de consulta pot ser acotat a un determinat espai, per exemple una comarca.

Existeixen tres-subtipus de consultes amb filtres:

- **Consulta de filtre o atribut**  
Per realitzar una consulta sobre atributs cal definir un filtre per aquests. Un filtre es defineix mitjançant expressions formades per un o més atributs, operadors i valors. Internament, aquestes expressions són traduïdes a l'SQL suportat pel magatzem que conté les dades.  
Un exemple d'aquest tipus de consulta seria la cerca totes les parcel·les amb un valor estimat de 6000 euros o més.

- **Consulta espacial**

Per determinar la relació entre dues classes d'entitats mitjançant un operador espacial s'utilitza una consulta espacial. Aquest tipus de consulta es realitza a partir d'un qualificador i un conjunt d'operadors, que són:

**Es toquen**

Retorna les entitats que entren en contacte amb les entitats definides.



Figura 44 - Consulta espacial. Operador es toquen

A la figura 44, la imatge de l'esquerra mostra de color blau les entitats que toquen l'entitat central. La imatge de la dreta de la mateixa figura mostra el resultat d'aplicar la negació de l'operador "es toquen".

**Conté**

Retorna les entitats que cobreixen les entitats definides.



Figura 45 - Consulta espacial. Operador conté

A la figura 45, la imatge de l'esquerra mostra de color morat les entitats que cobreixen l'entitat central. La imatge de la dreta de la mateixa figura mostra el resultat d'aplicar la negació de l'operador "conté". Les entitats contingudes poden tocar, però no sobreposar-se als límits de les entitats definides.

**Estan contingudes en**

Retorna les entitats situades completament dins de les entitats definides.

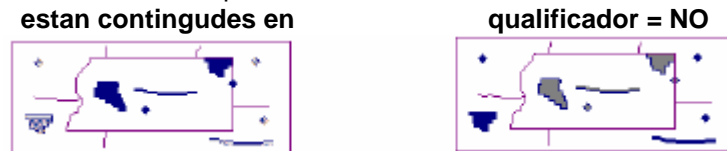


Figura 46 - Consulta espacial. Operador contingudes en

A la figura 46, la imatge de l'esquerra mostra de color blau les entitats que estan completament dins de l'entitat central. La imatge de la dreta de la mateixa figura mostra el resultat d'aplicar la negació de l'operador "Estan contingudes en". Els límits de les entitats resultants no poden tocar-se ni sobreposar-se als límits de les entitats definides.

**Contenen completament**

Retorna les entitats que cobreixen completament les entitats definides.

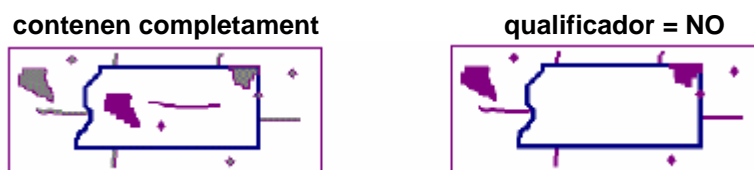


Figura 47 - Consulta espacial. Operador contenen completament

A la figura 47, la imatge de l'esquerra mostra de color morat les entitats que estan completament dins de l'entitat central. La imatge de la dreta de la mateixa figura mostra el resultat d'aplicar la negació de l'operador "Contenen completament". Els límits de les entitats resultants no poden tocar ni sobreposar-se als límits de les entitats definides. Els punts no poden contenir altres entitats per complert.

**Estan totalment contingudes en**

Retorna les entitats situades íntegrament dins de les entitats definides.



Figura 48 - Consulta espacial. Operador es superposen

A la figura 48, la imatge de l'esquerra mostra de color blau les entitats que estan íntegrament dins de l'entitat central. La imatge de la dreta de la mateixa figura mostra el resultat d'aplicar la negació de l'operador "Estan totalment contingudes en".

**S'uneixen**

Retorna les entitats que es troben al costat de les entitats definides, tocant-les però sense que hi hagi superposició.



Figura 49 - Consulta espacial. Operador s'uneixen

A la figura 49, la imatge de l'esquerra mostra de color blau les entitats que estan unides a l'entitat central. La imatge de la dreta de la mateixa figura mostra el resultat d'aplicar la negació de l'operador "S'uneixen".

**Són espacialment iguals**

Retorna les entitats que ocupen el mateix espai i la mateixa ubicació.



Figura 50 - Consulta espacial. Operador són espacialment iguals

A la figura 50 la imatge de l'esquerra mostra de color marró les entitats que són iguals. La imatge de la dreta de la mateixa figura mostra el resultat d'aplicar la negació de l'operador "Són espacialment iguals".

**Estan a una distància de**

Retorna les entitats que tenen alguna part situada a certa distància de les entitats definides.



Figura 51 - Consulta espacial. Operador estan a una distància de

A la figura 51 la imatge de l'esquerra mostra de color blau les entitats que estan a dins del cercle (per determinar la distància). La imatge de la dreta de la mateixa figura mostra el resultat d'aplicar la negació de l'operador "Estan a una distància de".

- **Consulta combinada**

La consulta combinada d'atributs descriptius i espacials cerca les entitats amb certs valors d'atributs que compleixin determinades condicions espacials. És a dir, es tracta de realitzar una consulta espacial a través d'atributs descriptius.

#### 4.5.2 Consultes natives

Es basa en la utilització de l'SBGD que gestiona el magatzem. Geomedia Professional 5.2 disposa d'un assistent per a la creació d'aquest tipus de consultes. Aquest assistent, especialment pensat per a consultes espacials, ofereix un seguit d'operadors espacials. Si es treballa amb un magatzem connectat a una base de dades Oracle (amb cartutx espacial), els operadors disponibles són els següents [38]:

##### Es toquen

Com es mostra en la figura 52, aquest operador retorna les entitats que es tallen amb els límits, però no els interiors.



Figura 52 - Consulta nativa. Operador es toquen

##### Separats

No es toquen ni els límits ni els interiors. A la figura 53 es pot observar que les dues entitats no es toquen.



Figura 53 - Consulta nativa. Operador separats

##### Superposat amb límits separats

L'interior d'un objecte talla els límits i l'interior d'un altre, però no hi ha intersecció entre els dos. A la figura 54 es pot veure com la línia blava té el seu origen fora l'entitat central i acaba dins.



Figura 54 - Consulta nativa. Operador superposat amb límits separats

##### Superposat amb límits que es toquen

Els límits i els interiors dels dos objectes es tallen. La figura 55 mostra el resultat després d'aplicar aquest operador sobre un determinat conjunt d'entitats.



Figura 55 - Consulta nativa. Operador superposat amb límits que es toquen

##### Igual

Els dos objectes tenen els mateixos límits i el mateix interior. La figura 56 mostra les entitats iguals de color marró.

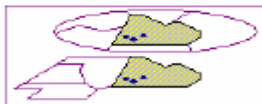


Figura 56 - Consulta nativa. Operador igual



### Conté

L'interior i els límits d'un objecte estan completament continguts en l'interior de l'altre. A la figura 57, l'entitat central conté completament les entitats pintades en color morat.



Figura 57 - Consulta nativa. Operador conté

### Dins

Oposat a conté. Un objecte dins un altre implica que aquest segon conté el primer. La figura 58 mostra com les entitats pintades de color blau es troben dins de l'entitat central.



Figura 58 - Consulta nativa. Operador dins

### Cobreixf

L'interior d'un objecte està completament contingut a l'interior de l'altre i els seus límits es tallen. A la figura 59, les imatges blaves compleixen aquesta condició.



Figura 59 - Consulta nativa. Operador cobreix

### Cobert per

Oposat a cobreix. Si un objecte està cobert per un altre, aquest segon cobreix al primer. La figura 60 mostra l'entitat central coberta per l'entitat pintada de color morat.



Figura 60 - Consulta nativa. Operador cobert per

### Qualsevol relació

Els objectes no estan separats. A la figura 61, no hi ha cap entitat que estigui separada de l'entitat central.



Figura 61 - Consulta nativa. Operador qualsevol relació

### 4.5.3 Anàlisi de geometria

L'anàlisi de geometria es realitza sobre una ocurrència d'una classe seleccionada o sobre una consulta, amb la intenció d'obtenir els estadístics geomètrics. Cada tipus d'entitat té un conjunt d'estadístics geomètrics propis en funció de la seva geometria. Els estadístics disponibles són els següents [38]:

- Entitats d'àrea: àrea, perímetre, àrea/perímetre<sup>2</sup>
- Entitats lineals: longitud, acimut, direcció
- Entitats de punt: coordenades geogràfiques, coordenades de projecció, altura
- Entitat composta: àrea, longitud, àrea/perímetre<sup>2</sup>, longitud, acimut, direcció, coordenada geogràfica, coordenada de projecció, altura
- Entitat de text gràfica: coordenades geogràfica, coordenades de projecció, altura
- Entitat de cobertura: cap

Aquest tipus de consulta pot ser utilitzat com a base per a crear altres consultes.

## 4.6 Programació amb Geomedia Professional 5.2

Malgrat que els programaris SIG més moderns (apartat 2.3) ofereixen una gran quantitat de funcionalitats (apartat 2.5) a través del seu propi entorn, sovint cal realitzar personalitzacions addicionals que no és possible dur a terme a través d'aquest entorn. Per aquest motiu és important que un programari SIG ofereixi la possibilitat de generar desenvolupament addicional a través d'un llenguatge de programació estàndard i una API pròpia.

Geomedia Professional 5.2, a més d'oferir un entorn de desenvolupament gràfic i un conjunt d'eines i assistents, també ofereix una API com a extensió. Aquesta API pot utilitzar-se en llenguatges com ara Microsoft Visual Basic o bé Microsoft Visual C++.

L'extensió de programació de Geomedia Professional 5.2 pot utilitzar-se de tres formes diferents [39][41]:

- **Creació d'aplicacions independents:** A través de l'API, es pot crear una aplicació que es connecti a una base de dades i n'extregui informació.
- **Geomedia Professional 5.2 com a servidor d'aplicacions:** Es pot crear una aplicació amb arquitectura client – servidor. En aquest cas, el client fa peticions al servidor i aquest executa comandes a través de l'API de Geomedia Professional 5.2.
- **Creació de comandes:** Les comandes es creen mitjançant l'assistent de comandes. L'assistent enregistra la comanda i crea els fitxers necessaris per generar la DLL. Després, aquesta DLL oferirà una funcionalitat extra a l'aplicació desenvolupada amb Geomedia Professional 5.2, és a dir, s'integrarà a l'aplicació.

Com es pot comprovar en l'esquema de la figura 62, l'API que ofereix Geomedia Professional 5.2 és extens:

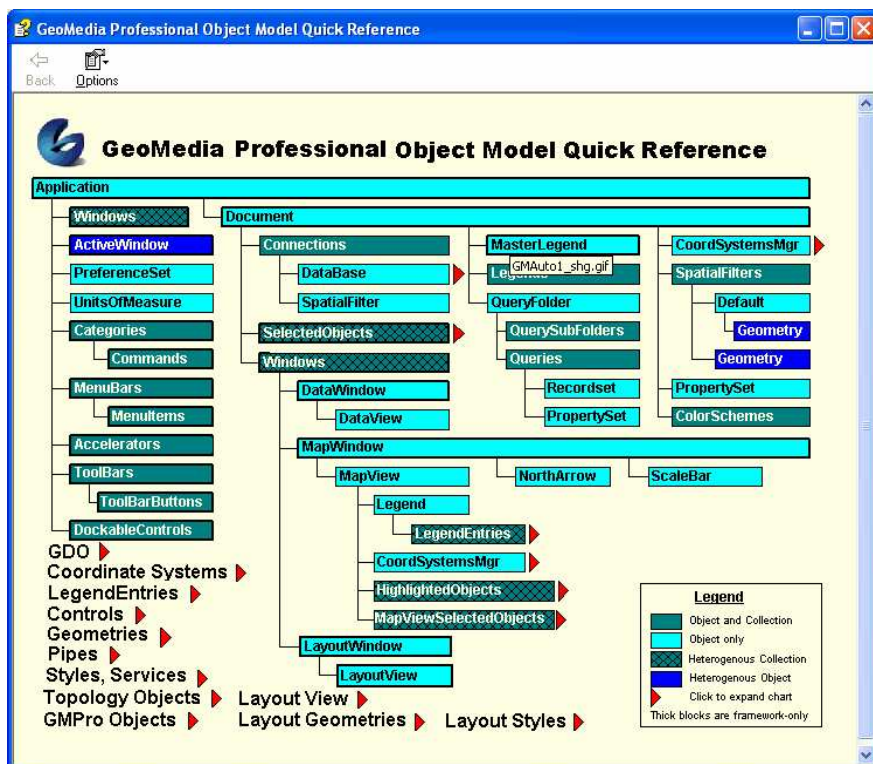
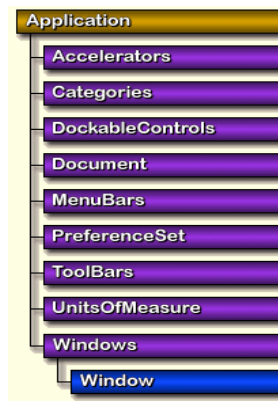


Figura 62 - Model d'objectes de Geomedia Professional 5.2

Cada objecte conté un conjunt d'atributs. Alguns d'aquests atributs poden ser altres objectes del model. A la figura 63 es mostren els objectes del model que conté l'objecte Application [39]:



*Figura 63 - Objectes de l'Objecte Application*

## 5 Estudi de Geomedia Public Works

En aquest capítol es descriu el programari Geomedia Public Works (apartat 5.1), quines són les seves principals característiques i què aporta a l'entorn de Geomedia Professional 5.2.

Geomedia Public Works es basa en el model de característiques avançades (apartat 5.2) i a través d'aquest model pot oferir les funcionalitats de dimensionament (apartat 5.3) i traçabilitat (apartat 5.4). A més, també permet la programació de comandes mitjançant un llenguatge de programació estàndard com ara Visual Basic (apartat 5.5).

Aquest estudi es basa en la documentació adjunta amb l'aplicació, els documents per a l'usuari i pel desenvolupador [42][43][44].

### 5.1 Descripció de Geomedia Public Works

Tot i que Geomedia Professional 5.2 és un programari de SIG molt potent, a l'hora de desenvolupar un SIG per a la gestió d'una xarxa de distribució d'aigües hom es troba amb una manca de funcionalitat que impossibilita una explotació total del SIG. Per aquest motiu, Intergraph ha desenvolupat Geomedia Public Works.

La finalitat de Geomedia Public Works és la de facilitar l'administració del conjunt d'elements que formen una xarxa (en el cas particular d'aquest treball, una xarxa de distribució d'aigües). Per aconseguir aquest objectiu, el conjunt de funcionalitats que ofereix Geomedia Public Works comprèn tot el cicle de vida d'un projecte, des de l'entrada de dades fins a l'anàlisi i generació d'informes [43].

Geomedia Public Works no és una aplicació independent, sinó que es tracta d'una extensió de Geomedia Professional 5.2. Gràcies a Geomedia Public Works les capacitats de captura de dades, ubicació i edició de les dades d'un projecte de Geomedia Professional 5.2 augmenten.

Aquest producte també inclou la capacitat de crear, mantenir i validar les connexions d'una xarxa de distribució d'aigües. Fins i tot aporta la funcionalitat de rastreig de la xarxa d'aigües, que pot ser útil, per exemple, per a la localització d'àrees afectades per una possible avaria.

Així doncs, Geomedia Public Works està especialment pensat per a professionals que treballen amb Geomedia Professional 5.2 i que requereixen una major potència per al desenvolupament, manteniment i administració de projectes relacionats amb el tractament de diferents tipus de xarxes.

### 5.2 Model de característiques avançades

Amb Geomedia Professional 5.2 els objectes reals es modelen sense tenir en consideració el seu comportament ni les relacions que mantenen amb els altres objectes. Aquest tipus de modelatge s'anomena SFM (model de característiques estàndard, en anglès Standard Feature Model) i com s'ha comentat en l'apartat 4.2.8, cada classe equival a una taula on les columnes són els atributs de la classe i les files són les diferents ocurrències o instàncies.

Degut a la seva pròpia naturalesa, el model SFM presenta una sèrie de limitacions [42]:

- Només es descriu l'estructura de les classes d'entitats, no és possible representar el comportament dels objectes o les operacions que aquests poden tenir assignades.
- No es mostren les relacions entre les diferents característiques dels objectes.
- No és possible d'organitzar les classes d'entitat de forma jeràrquica.
- Una determinada classe té el mateix significat per a tots els usuaris.

Així doncs, en el model SFM cada classe d'entitat només conté la informació descriptiva dels objectes i de la seva geometria.

El conjunt de limitacions que presenta el model SFM pot ser motiu suficient per impedir realitzar algun tipus de projecte. Per tant, quan cal realitzar projectes on els objectes són complexos, cal utilitzar un model més ric. Geomedia Public Works enriqueix Geomedia Professional 5.2 permetent-li expressar els objectes i les relacions entre ells a través del model de característiques avançades (AFM, Advanced Feature Model).

A través del model de característiques avançades es poden modelar els objectes del món real i el seu comportament. El model AFM permet a l'administrador definir associacions entre les diferents classes d'entitat, dissenyar regles de comportament i crear operacions associades a cada objecte.

El modelatge dels objectes del món real mitjançant el model AFM és la clau de Geomedia Public Works per poder oferir una major potència a Geomedia Professional 5.2. Un cop s'ha fet aquest modelatge, el sistema és capaç d'oferir un nou conjunt de funcionalitats, com ara validacions, traçabilitat, creació de comandes més complexes i una major personalització dels objectes i del seu entorn [44].

En les figures 64 i 65 es mostra el model AFM, el qual es basa en un conjunt de metainformació que pot ser estesa amb la finalitat d'enriquir el mateix model. També es comenten els principals elements que el formen [44].

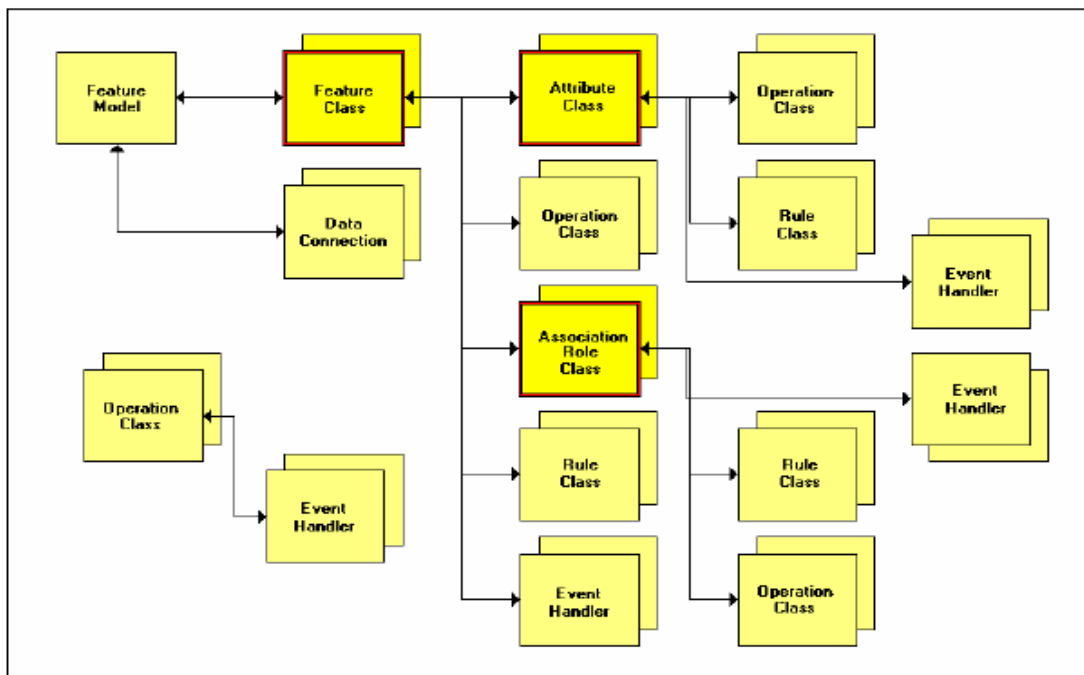


Figura 64 - AFM. Classes de Components

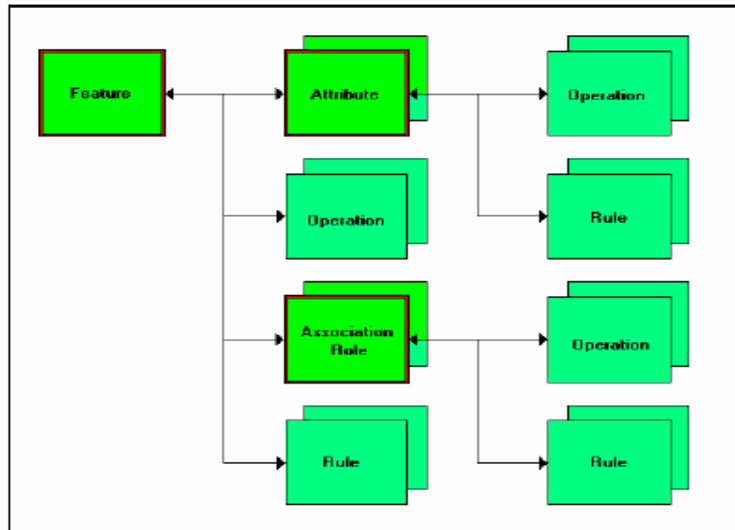


Figura 65 - AFM Instàncies de Components

- **Feature**  
Pot ser entès com un element del món real. Aquest element pot ser físic, com ara un riu o una carretera, o pot ser lògic, com per exemple una relació entre dues entitats.
- **Feature class**  
Una classe `Feature` defineix com apareix una entitat davant de l'usuari i quines operacions s'hi poden realitzar. Una classe `Feature` consisteix en una col·lecció d'atributs, operacions, regles, rols i esdeveniments.
- **Attribute Class**  
Les classes `Attribute` s'agrupen a través de la classe `Feature`. La classe `Attribute` descriu el contingut d'una classe `Feature`, és a dir, es pot veure com les columnes en una taula d'una base de dades (on la taula és la classe `Feature`).
- **Attribute**  
L'objecte `GAttribute` és una instància de la classe `Attribute`. Al mateix temps, aquesta instància pertany a una instància de la classe `Feature`.
- **Association Role Class**  
Les classes `Association Role` estan agrupades a través d'una classe `Feature`. La classe `Association Role` defineix la forma que té d'interactuar una classe `Feature` amb una altra.
- **Association Role**  
L'objecte `GAssociationRole` permet a l'usuari obtenir informació sobre les instàncies `Feature` relacionades.
- **Operation Class**  
Una classe `Operation` es un comportament que està associat a un objecte "data-bound" del model, el qual pot tenir una o més operacions associades. Aquesta és una forma de donar intel·ligència als objectes. Hi ha tres objectes "data-bound" en el model: `Features`, `Attributes` i `Roles`.
- **Operation**  
L'objecte `GOperation` aporta un determinat comportament que pot ser adquirit per un objecte "data-bound".

- **Rule Class**  
Una classe `Rule` és una norma o un conjunt de normes que un determinat objecte “data-bound” ha de complir. D'aquesta manera es pot validar el comportament del model en un determinat moment i es pot assegurar el compliment d'un seguit de condicions a l'hora d'executar una determinada operació.
- **Rule**  
L'objecte `GRule` aporta normes que les operacions han de complir per assegurar la integritat del model.
- **Event Handler**  
Un `Event Handler` s'invoca quan un esdeveniment succeeix dins del model. L'objecte `GEventHandler` permet al programador processar instruccions i dades abans i/o després de que l'esdeveniment succeeixi en el model.

### 5.3 Dimensionament

Geomedia Public Works conté dues comandes de dimensions per a col·locar dimensions lineals a la finestra de mapa. Aquestes comandes permeten a l'usuari definir dimensions lineals segons la geometria i la precisió de la col·locació. Les línies de dimensió, les línies de projecció, les unitats i els formats també poden ser definits per l'usuari, cosa que fa d'aquesta funcionalitat una eina especialment útil. Aquesta funcionalitat es basa en dues comandes:

- Definició del tipus d'anotació tècnica que es vol afegir
- Ubicació de la comanda definida sobre l'element que es vol descriure.

Les comandes de dimensionament es tradueixen en metadates i s'emmagatzemen a la base de dades [43].

Existeix una gran quantitat de comandes de dimensionament diferents en funció de la informació que es vulgui mostrar: llargades, llargades acumulatives, alçades, angles, angles relatius, diàmetres, radis, desplaçaments respecte un punt d'una recta, etc.

La figura 66 mostra un dibuix on s'ha utilitzat una comanda de dimensionament de pila (que correspon a les línies de dalt) i una altra de dimensionament simple (la línia de baix) per descriure les distàncies entre diferents punts al llarg d'un segment.

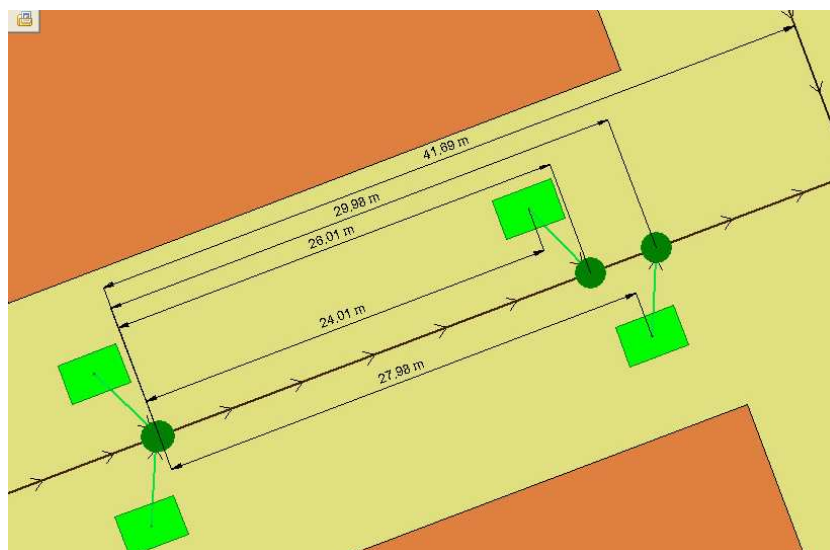


Figura 66 - Dimensionament

## 5.4 Traçabilitat

Per desenvolupar i mantenir una xarxa de distribució d'aigües que incorpori un sistema de gestió d'avaries (que és un dels objectius del treball) cal, entre d'altres coses, poder realitzar les següents operacions [43]:

1. Trobar les vàlvules que cal tancar en cas d'avaría.  
Per trobar aquests vàlvules cal fer un traçat en totes les direccions de la xarxa d'aigües seguint el sistema de canonades. L'aigua viatja en totes direccions.
2. En cas de fuga, el sistema ha de ser capaç de determinar els possibles punts per on la substància que s'ha escapat pot penetrar a el xarxa de distribució d'aigües.  
En aquest cas, cal fer un traçat des del punt d'origen de la fuga cap al sentit de la direcció digitalitzada sobre el terreny
3. En cas de fuga, el sistema ha de ser capaç de determinar en quins punts de la xarxa de distribució d'aigües s'ha originat.  
En aquest cas, cal fer un traçat des del punt on s'ha trobat la substància tòxica cap al sentit contrari de la direcció digitalitzada sobre el terreny.

Per complir els tres punts anteriors, el SIG ha de ser capaç de fer seguiments a través de la xarxa de distribució d'aigües tenint en compte les connexions, els elements que la formen i les regles de connexió dels diferents elements. Existeixen quatre formes diferents de traçar:

- **Trace out-all (associat i connectat)**  
Es traça en totes les direccions, tenint en compte les connexions entre les diferents entitats i les normes i restriccions corresponents.
- **Trace out-all (associat)**  
Es traça en totes direccions i només es té en compte les connexions entre les diferents entitats.
- **Trace out-reverse**  
Es traça en el sentit revers de la direcció digitalitzada. Aquesta forma de traçar té en compte les connexions entre les diferents entitats i les normes i restriccions corresponents.
- **Trace out-forward**  
Es traça en el sentit de la direcció digitalitzada. També en aquest cas es té en compte les connexions entre les diferents entitats i les normes i restriccions corresponents.

## 5.5 Programació amb Geomedia Public Works

Com s'ha comentat en el capítol 4, estudi de Geomedia Professional 5.2, Geomedia Public Works permet la creació de comandes i aplicacions independents a través d'un llenguatge com ara Microsoft Visual Basic o Microsoft Visual C++.

Un cop es passa del model SFM al model AFM, el llenguatge de programació pot utilitzar el model AFM per a la realització de comandes i d'aplicacions independents. La utilització del model AFM per part del llenguatge de programació comporta poder programar amb tota la potència i funcionalitats que el aquest model ofereix.

En la següent imatge (figura 67) es mostra el conjunt de classes del model AFM a través de l'explorador de classes de Microsoft Visual Basic [42]:



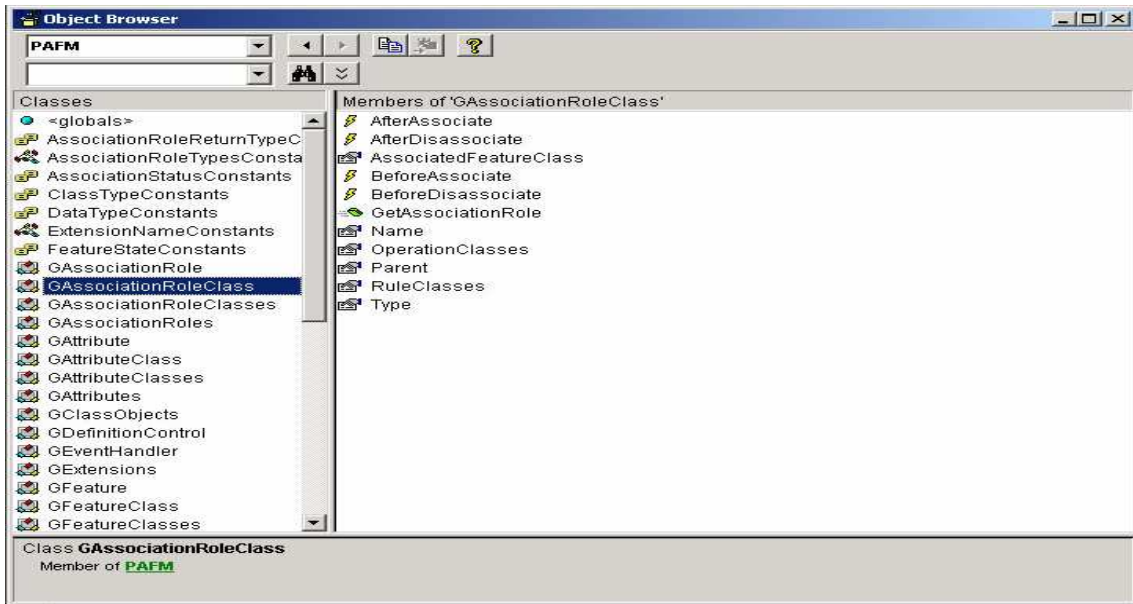


Figura 67 - Explorador de classes de Visual Basic

## 6 Creació d'un SIG.

En els capítols 4 i 5 s'ha realitzat un estudi del programari *Geomedia Professional 5.2* i *Geomedia Public Works*. Així mateix, s'ha vist quines eines i funcionalitats ofereixen per al desenvolupament, explotació i manteniment d'un SIG. En el present capítol es mostrarà, a través d'un cas pràctic, com es pot desenvolupar i explotar un SIG mitjançant aquest programari.

La creació del SIG està dividida en dues parts. L'objectiu de la primera part (apartat 6.1) és representar el barri de Sant Llàtzer de Vic amb el conjunt d'habitatges i terrenys que el formen. La representació del barri es farà sobre les ortofotografies de les poblacions de Vic i Calldetenes. Aquestes ortofotografies estaran referenciades sobre la base cartogràfica de Catalunya.

L'objectiu de la segona part (apartat 6.2) és la implementació de la xarxa d'aigua del barri de Sant Llàtzer de Vic, l'anàlisi de dades i la utilització de les eines de dimensionament i traçat. Dins aquest apartat, es desenvoluparà un sistema de gestió d'avaries mitjançant la generació de comandes que ofereix *Geomedia Public Works*.

Finalment, en l'apartat 6.3 es farà un resum dels resultats obtinguts fruit del desenvolupament del treball pràctic.

### 6.1 Creació del *GeoWorkspace*

Com s'explica en l'apartat 4.2.1, el *GeoWorkspace* és l'entorn de treball de *Geomedia Professional 5.2*. Així doncs, mitjançant el *GeoWorkspace* i les eines que ofereix, es definirà el sistema de coordenades (apartat 6.1.1), es realitzaran les connexions als magatzems (apartat 6.1.2), s'inseriran les diferents entitats (apartat 6.1.3 i apartat 6.1.4) i es presentaran les dades de manera amigable a l'usuari (apartat 6.1.5).

Per a la creació del *GeoWorkspace* s'ha utilitzat la plantilla "normal UTM 31.gwt". Aquesta plantilla defineix un sistema de coordenades per a la projecció UTM de la zona 31, que és la corresponent a Catalunya.

#### 6.1.1 Sistema de coordenades

Com s'ha comentat en l'apartat 6.1, el sistema de coordenades (apartats 3.4 i 4.2.2) ve determinat per la plantilla que s'ha utilitzat a l'hora de crear el *GeoWorkspace*. A continuació s'enumeren els paràmetres del sistema de coordenades del *GeoWorkspace*:

- Tipus de sistema de coordenades: Cartesianes
- Unitats d'emmagatzemament: metres
- Sistema de projecció: Universal Transverse Mercator (UTM).
  - Zona 31.
  - Hemisferi Nord.
- Datum: European 1950
- El·lipsoide de referència: Internacional

#### 6.1.2 Magatzems

Per al desenvolupament d'aquesta primera part de la pràctica s'han utilitzat tres magatzems diferents (veure apartat 4.2.3) amb la finalitat de mantenir les dades separades en funció de la seva semàntica.

Com es pot veure en la figura 68, s'han creat dues connexions d'escriptura i lectura *Access* i una de només lectura.

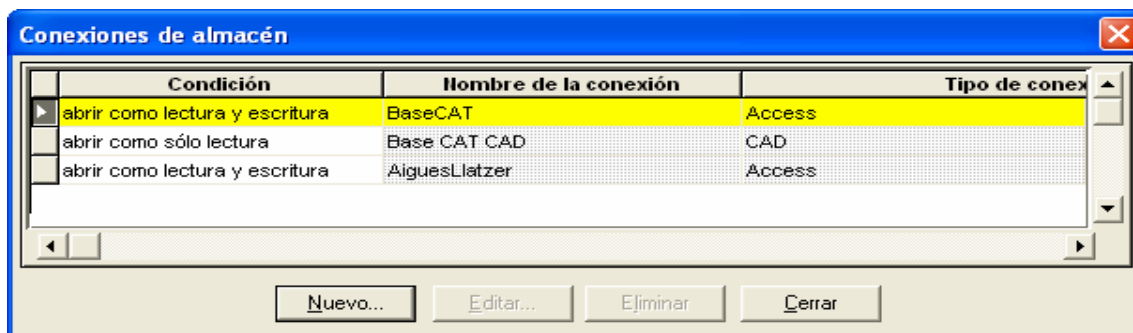


Figura 68 - Connexions de magatzem

Cada connexió de la figura 68 apunta a un magatzem. A continuació es mostra un llistat dels diferents magatzems, on es descriuen el tipus de connexió, el tipus de dades que conté el magatzem, l'origen de les dades, el contingut del magatzem i la seva ubicació física.

- Base Municipal de Catalunya en format CAD
  - Connexió: Base CAT CAD
  - Tipus: CAD (Microstation. DGN)
  - Origen: Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)
  - Contingut: Delimitació del territori català en comarques i municipis
  - Ubicació física: C:\XDA\Magatzem\baseCatCAD.csd
- Base Municipal de Catalunya
  - Connexió: BaseCat
  - Tipus: Access
  - Origen: Obtingut a partir de la importació del magatzem "Base Municipal de Catalunya en format CAD"
  - Contingut: Delimitació del territori català en comarques i municipis
  - Ubicació física: C:\XDA\Magatzem\baseCat.mdb
- Barri de Sant Llàtzer de Vic
  - Connexió: AiguesLlatzer
  - Tipus: Access
  - Origen: Dades entrades de forma manual
  - Contingut: Referenciació a les ortofotografies de Vic i Calldetenes. Representació dels habitatges, granges i terrenys del barri de Sant Llàtzer de Vic
  - Ubicació física: C:\XDA\Magatzem\aiguesLlatzer.mdb

La creació de dos magatzems de lectura i escriptura ha permès mantenir les dades del SIG separades en funció de la seva semàntica. Aquest fet fa possible un millor manteniment del SIG, ja que si, per exemple, es canvia la base cartogràfica de Catalunya per una altra més detallada, no caldrà modificar les dades relacionades amb el barri de Sant Llàtzer. La filosofia de separar les dades en funció de la seva semàntica es mantindrà en el moment de crear la xarxa de distribució d'aigua pel barri de Sant Llàtzer de Vic (veure apartat 6.2.4).

Com s'ha comentat, per aconseguir les dades de la Base Municipal de Catalunya separades de les dades del barri de Sant Llàtzer de Vic, ha calgut crear dos magatzems (a part del subministrat per l'ICC). En un d'ells s'hi han importat les dades del magatzem de l'ICC i en l'altre s'hi han inserit les dades del barri de Sant Llàtzer de Vic. Aquest fet es justifica quan es té en compte que el magatzem de l'ICC és només de lectura (veure apartat 4.2.3) i per tant, cal la creació d'un magatzem addicional de lectura/escriptura per poder-hi treballar.

Tots els magatzems d'escriptura i lectura s'han creat mitjançant l'SGBD Access. Geomedia Professional 5.2 també permet la creació de magatzems de lectura i escriptura utilitzant l'SGBD Oracle 9i o Microsoft SQL Server.

Oracle 9i i MS SQL Server són SGBD's amb una gran potència i capacitat de processament de dades. Així doncs, en el cas que el SIG fos sotmès a una gran quantitat de consultes i que estigués format per una quantitat elevada d'entitats, caldria utilitzar algun dels dos SGBD's.

A causa de la grandària del SIG a desenvolupar i les consultes que s'hi executen, no s'ha trobat necessari la utilització d'un SGBD de gran capacitat.

### **6.1.3 Importació de dades**

Una part de les dades que es mostren al SIG s'han obtingut de fonts externes. Aquestes dades són la base municipal de Catalunya en format vectorial i les ortofotografies (veure apartat 2.4) de les poblacions de Vic i Calldetenes. Tant en un cas com en l'altre s'han utilitzat un seguit de tècniques per a poder importar aquestes dades i així poder-les incorporar al SIG.

Tant la base cartogràfica de Catalunya com les ortofotografies de Vic i Calldetenes serviran per a situar el barri de Sant Llàtzer de Vic de forma visual. A més, mitjançant les ortofotografies, es podran resseguir les entitats pròpies de barri de Sant Llàtzer (carrers, cases, zones verdes, etc.) per fer-les més fidels a la realitat.

En l'apartat 6.1.3.1 es descriuen els passos per a poder incorporar la base municipal de Catalunya i en l'apartat 6.1.3.2 es descriu com s'han inserit les ortofotografies.

#### **6.1.3.1 Importació de la base municipal de Catalunya**

Per importar la base municipal de Catalunya facilitada per l'ICC cal seguir els següents passos:

1. Definir el sistema de coordenades segons la documentació adjunta. El sistema de coordenades és el mateix (apartat 6.1.1) que el del *GeoWorkspace*.  
Per definir el sistema de coordenades cal utilitzar l'eina "Definir fitxer de sistema de coordenades". Com a resultat d'aquesta operació s'obté el fitxer *BaseCATCS.csf*.
2. Mitjançant l'eina "Definir fitxer d'esquema de servidors CAD" es selecciona el fitxer creat en el pas 1 i el fitxer que conté les dades CAD.
3. Dins de l'eina "Definir fitxer d'esquema de servidors CAD" es defineixen les classes d'entitat. A l'hora de definir les classes d'entitat, cal seguir la documentació que proporciona l'ICC juntament amb les dades. Aquestes dades s'importen sense cap atribut. Com a resultat d'aquesta operació s'obté el fitxer *baseCatCAD.csd*
4. Mitjançant *Geomedia Professional 5.2*, es crea el magatzem buit *BaseCAT.mdb* i la connexió al magatzem *BaseCATCS.csd* creat en el punt anterior.
5. Finalment, mitjançant la utilitat de "treure a classes d'entitat", es passa el contingut del magatzem CAD cap al magatzem *Access*, fent que es mostrin les dades per la finestra de mapa i es creïn les classes d'entitat corresponents.

El resultat d'aquesta operació és mostra en la figura 69. En aquesta figura apareixen tots els noms dels municipis i comarques de Catalunya. En fer la importació, atès que encara no s'han definit les escales de visualització, provoca la il·legibilitat del mapa a escales petites. És per aquest motiu que cal configurar la llegenda perquè es limiti la informació que s'ha de visualitzar en funció de l'escala a la qual es treballa (apartat 6.1.5).

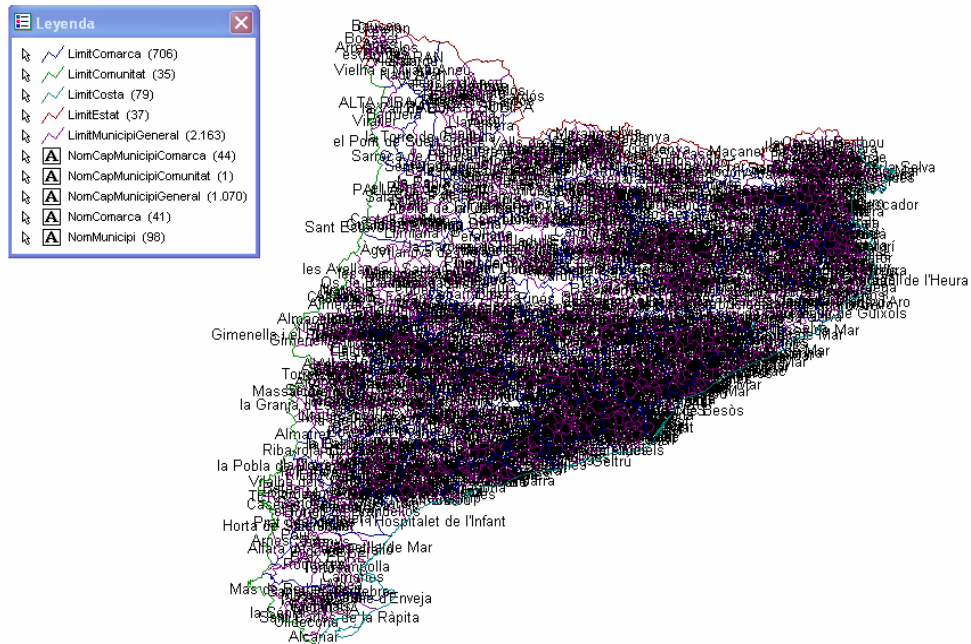


Figura 69 - Base Municipal de Catalunya

### 6.1.3.2 Importació d'ortofotografies de les poblacions

La font de les ortofotografies de les poblacions de Vic i Calldetenes és l'ICC. Aquestes ortofotografies es troben en format SID i GeoTiff i estan a una escala 1:5000. Cal tenir en compte que el format GeoTiff ocupa molt més espai que el format SID, és per aquest motiu que s'han utilitzat les ortofotografies en aquest últim format.

Geomedia Professional permet la inserció d'imatges georeferenciades de forma directa. En aquest cas, tot i que les imatges contenen informació per a ser georeferenciades de forma directa, Geomedia Professional no les reconeix com a tal. Com a solució, s'insereixen les ortofotografies com a classes d'entitat imatge interactives (apartat 4.2.5) i posteriorment es registren de forma manual. Per saber les coordenades de les ortofotografies s'utilitza l'eina ExpressView de LizardTech.

La figura 70 mostra el resultat d'inserir i registrar les ortofotografies sobre la base municipal de Catalunya. Com es pot observar, les ortofotografies ocupen part del territori de les poblacions de Vic i Calldetenes.

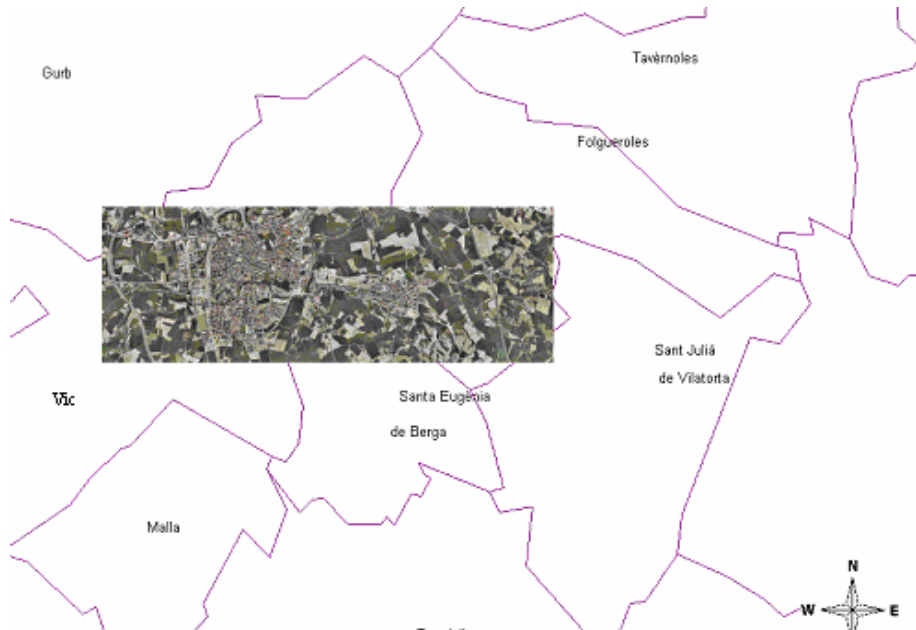


Figura 70 - Ortografies de Vic i Calldetenes

#### 6.1.4 Creació i inserció d'entitats al SIG

A part de les classes d'entitat que s'obtenen seguint els processos d'importació de dades dels apartats 6.1.3.1 i 6.1.3.2, cal afegir les classes d'entitat (apartat 4.2.4) que representen els terrenys i els habitatges del barri de Sant Llàtzer de Vic. Les instàncies (entitats) d'aquestes classes d'entitat es creen i digitalitzen de forma manual.

La figura 71 mostra el model conceptual de les classes d'entitat inserides de forma manual.

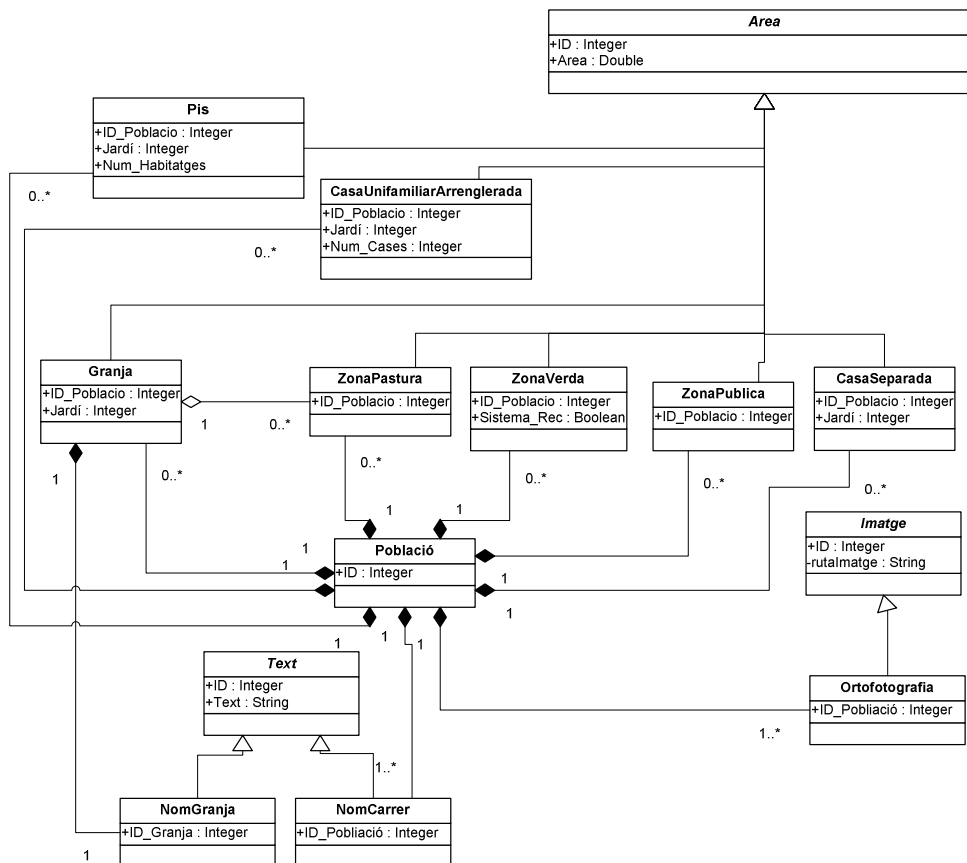


Figura 71 - Model conceptual d'urbanització

El diagrama estàtic en UML de la figura 71 mostra les diferents classes d'entitat i les seves superclasses. A continuació es descriuen les diferents classes i els seus atributs:

- **Granja**  
Classe d'entitat amb geometria d'àrea. Serveix per a representar les granges i masies. Els atributs són els següents:
  - ID\_Població: Identificador de població a la qual pertany la granja.
  - Jardí: Metres quadrats de jardí que té la granja
  
- **Pis**  
Classe d'entitat amb geometria d'àrea. Serveix per a representar els pisos. Els atributs són els següents:
  - ID\_Població: Identificador de població a la qual pertany el bloc de pisos.
  - Jardí: Metres quadrats de jardí comunitari que té el bloc de pisos.
  - Num\_Habitatges: Número de pisos que té el bloc de pisos.
  
- **CasaArrenglerada**  
Classe d'entitat amb geometria d'àrea. Serveix per a representar els blocs de cases arrenglerades. Els atributs són els següents:
  - ID\_Població: Identificador de població a la qual pertany el bloc de cases arrenglerades.
  - Jardí: Metres quadrats de jardí que té el bloc de cases arrenglerades. Aquest jardí pot ser o no ser comunitari.
  - Num\_Cases: Número de cases que té el bloc de cases arrenglerades.
  
- **CasaSeparada**  
Entitat amb geometria d'àrea. Serveix per a representar els blocs de cases individuals. Els atributs són els següents:
  - ID\_Població: Identificador de població a la qual pertany la casa.
  - Jardí: Metres quadrats de jardí que té la casa.
  
- **ZonaPastura**  
Classe d'entitat amb geometria d'àrea. Serveix per a representar els terrenys destinats a pastura. Cadascun d'aquests terrenys pertany a una granja. Els atributs són els següents:
  - ID\_Població: Identificador de població a la qual pertany la zona de pastura.
  - ID\_Granja: Identificador de granja a la qual pertany la zona de pastura. Aquest atribut neix de la interrelació entre la classe d'entitat Granja i la classe d'entitat ZonaPastura.
  
- **ZonaVerda**  
Classe d'entitat amb geometria d'àrea. Serveix per a representar els terrenys destinats a espais verds. Els atributs són els següents:
  - ID\_Població: Identificador de població a la qual pertany la zona verda.
  - Sistema\_Rec: Indica si la zona verda disposa de sistema de rec.
  
- **ZonaPublica**  
Classe d'entitat amb geometria d'àrea. Serveix per a representar els terrenys destinats a crear infraestructures públiques (com ara pavellons d'esports, sales d'oci, etc.) . Els atributs són els següents:
  - ID\_Població: Identificador de població a la qual pertany la zona pública.
  
- **NomGranja**  
Classe d'entitat text. Cada nom de granja pertany a una granja. Els atributs són els següents:
  - ID\_Granja: Identificador de granja a la qual pertany el nom

- **NomCarrer**  
Classe d'entitat text. Cada nom de carrer pertany a una població. Els atributs són els següents:
  - ID\_Població: Identificador de població a la qual pertany el nom del carrer.
- **Ortofotografia**  
Classe d'entitat imatge. Cada ortofotografia pertany a una població. Els atributs són els següents:
  - ID\_Població: Identificador de població a la qual pertany l'ortofotografia.
- **Població**  
Classe sense geometria. Els atributs són els següents:
  - Nom: Nom de la població.

En el diagrama de la figura 71 també es mostren les relacions entre les diferents classes d'entitat i les respectives cardinalitats:

- Una Granja pot no tenir cap zona de pastura o tenir-ne unes quantes
- Una zona de pastura només pertany a una Granja
- Un nom de Granja pertany a una Granja
- Una Granja té un nom
- Tots els elements pertanyen a una població excepte nom de granja, que pertany a una granja.

Un cop definit el model conceptual, la traducció al model lògic és immediata. Aquesta traducció es realitza mitjançant la creació dels atributs que fan referència a les classes d'entitat segons les relacions establertes.

Un cop creades les classes d'entitat, aquestes s'insereixen resseguint sobre l'ortofotografia amb la finalitat de ser el més fidel possible a la realitat. Les eines d'edició que proporciona Geomedia Professional 5.2 en la finestra de mapa han estat de gran utilitat per a la realització d'aquesta tasca (veure apartat 4.2.7).

La figura 72 mostra, com a resultat d'aquesta operació, els diferents elements que conformen el barri de Sant Llàtzer de Vic. Es poden observar, per exemple, les zones de pastura de color carabassa, les zones verdes de color verd, les zones públiques de color blau cel, les granges de color vermellós, etc. La figura 73 mostra la llegenda (apartat 4.3) associada al mapa de la urbanització.



Figura 72 - Mapa urbanització

### 6.1.5 Llegenda

Mitjançant la configuració de la llegenda, les diferents entitats que conformen el SIG es poden veure amb més facilitat i de forma més entenedora. Per exemple, en la figura 69 es mostren



tots els noms dels municipis o comarques, la qual cosa fa que no s'entengui res. En canvi, en la figura 72, tot i que es veuen les entitats correctament, no se sap de quines entitats es tracta, ja que no es mostra la llegenda associada.

Tot seguit, es mostra la llegenda del SIG i al costat els rangs de visualització de les entitats segons l'escala. Com mostra la figura 73, els elements deixaran de ser visibles a mesura que l'escala de treball decreixi. Per exemple, quan l'escala sigui més petita que 1:6.000, els noms dels carrers i de les granges no es mostraran en la finestra de mapa. Altrament, quan l'escala sigui major que 1:6.000, els noms dels carrers i de les granges es visualitzaran.



Figura 73 - Llegenda urbanització

## 6.2 Inserció de la xarxa de distribució d'aigua al SIG

En el capítol 6.1 s'ha descrit la creació del SIG fins a la inserció dels habitatges del barri de Sant Llàtzer de Vic. En aquest capítol s'explica com es dissenya i s'implementa la xarxa de distribució d'aigua del barri de Sant Llàtzer de Vic.

En primer lloc es fa una introducció a les xarxes de distribució d'aigua (apartat 6.2.1). Seguidament es crea el model conceptual (apartat 6.2.2) i a partir d'aquest es justifica la utilització del programari Geomedia Public Works (apartat 6.2.3). Un cop creat el model conceptual es dissenyarà la xarxa de distribució d'aigua (apartats 6.2.4 i 6.2.5) i es verificarà que sigui correcte (apartat 6.2.6). A partir de les dades validades, es realitzarà l'anàlisi d'aquestes (apartat 6.2.7). Finalment, es farà ús de l'eina de dimensionament (apartat 6.2.8), de traçat (apartat 6.2.9) i es crearà una comanda per a la gestió d'avaries (apartat 6.2.10).

### 6.2.1 Xarxes de distribució d'aigua

Inicialment, es descriu el cicle de vida de l'aigua (apartat 6.2.1.1), s'expliquen les diferents topologies de xarxes de distribució d'aigua (apartat 6.2.1.2) i es detallen els diferents elements que formen part de la xarxa de distribució d'aigua en el SIG (apartat 6.2.1.3).

#### 6.2.1.1 Cicle de vida de l'aigua

En aquest apartat es descriu el cicle de vida de l'aigua. El dibuix de la figura 74 representa de forma esquemàtica el cicle de vida de l'aigua. En aquest esquema es mostren les 8 etapes que defineixen aquest cicle [51]:

1. Captació: Etapa de captació de l'aigua, normalment obtinguda de rius, pous o altres recursos hídrics naturals.
2. Potabilització: L'aigua obtinguda en el punt anterior es tracta per a ser apte pel consum humà. Aquest tractament s'anomena potabilització.
3. Distribució: Un cop l'aigua és apta pel consum humà, aquesta es distribueix per tal de que arribi als usuaris finals. L'aigua es distribueix a través de la xarxa de distribució d'aigua (apartat 6.2.1.2).
4. Consum: El consum es produeix quan l'usuari fa ús de l'aigua que li arriba a través de la xarxa de distribució.
5. Clavegueram: Xarxa per la qual circula l'aigua que ja ha estat utilitzada. Normalment, l'aigua que circula pel clavegueram es transportada cap a una planta depuradora.
6. Depuració: Procés per a descontaminar l'aigua amb la finalitat de reutilitzar-la o abocar-la a la llera pública.
7. Reutilització: Fase en que l'aigua depurada es torna a utilitzar per a finalitats agrícoles, industrials o, si és possible, per al consum humà.
8. Abocament: Fase en que l'aigua s'aboca a la llera pública.

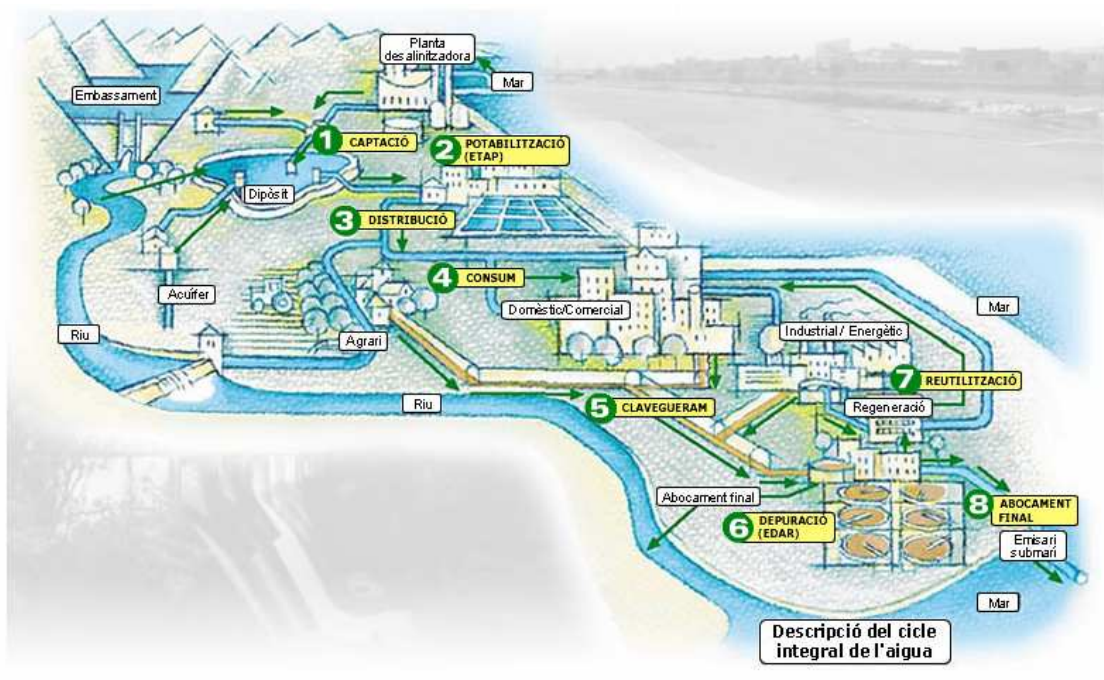


Figura 74 - Cicle de vida de l'aigua

### 6.2.1.2 Topologies de les xarxes de distribució d'aigua

Les diferents topologies que poden presentar les xarxes de distribució d'aigua són [50]:

- Xarxes Ramificades

La principal característica de les xarxes ramificades és que l'aigua sempre circula en el mateix sentit.

Aquests tipus de xarxa només es poden utilitzar en nuclis de configuració lineal i amb menys de 1000 habitants. També cal tenir en compte que les canonades principals (apartat 6.2.1.3) no poden superar els 1000 metres i les canonades secundàries no poden superar els 300 metres.

En la figura 75 es mostra un esquema d'aquest tipus de topologia. Aquesta figura mostra de color blau cel la canonada principal i de color vermell les canonades que deriven de la canonada principal, és a dir, les seves ramificacions.

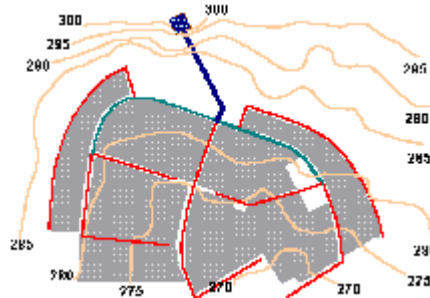


Figura 75 - Xarxa ramificada

Els principals avantatges i inconvenients són:

○ Avantatges

- Fàcil d'implementar, doncs el sentit de circulació de l'aigua està definit i per tant el cabal d'aigua es pot precisar amb exactitud.
- És el sistema més econòmic.

○ Inconvenients

- Un trencament pot originar un tall general.
- En els extrems finals s'hi pot estancar aigua. Això provoca que s'hagi de netejar sovint per evitar que l'aigua es contami.
- Tot i que inicialment la implementació és més barata, a llarg termini pot ser més cara, ja que no és ampliable fàcilment.

● Xarxes Mallades

En les xarxes mallades, les canonades principals es comuniquen les unes amb les altres. D'aquesta manera es formen circuits tancats que es caracteritzen pel fet que l'alimentació de les canonades pot efectuar-se pels dos extrems. Això provoca que el sentit circulatori de l'aigua no sigui sempre el mateix.

La separació màxima entre els costats oposats d'una malla ha de ser de 900 metres i la mínima de 250 metres. La superfície màxima d'una malla ha de ser de 30 hectàrees i la mínima de 9 hectàrees. Cada malla pot subministrar un màxim de 1500 habitatges i un mínim de 500. Quan un nucli tingui menys de 500 habitatges només es disposarà d'una única malla.

En la figura 76 es mostra un esquema d'aquest tipus de topologia. Aquesta figura mostra les canonades de color blau cel que, com es pot observar, es comuniquen entre elles.

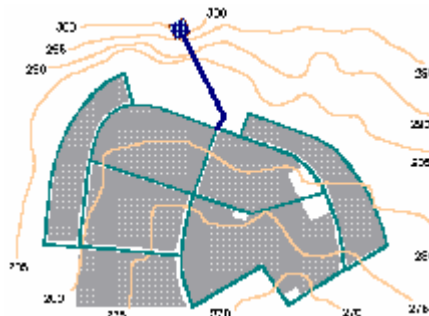


Figura 76 - Xarxa mallada

Els principals avantatges i inconvenients són:

o Avantatges

- Llibertat en el sentit de circulació de l'aigua.
- Millor repartiment de la pressió.
- Major seguretat en el servei. Una avaria no implica forçosament un tall de subministrament, doncs l'aigua pot arribar per altres canonades en malla.

o Inconvenients

- Per fer els càlculs de la xarxa cal saber amb anterioritat quin serà el sentit de circulació de l'aigua.
- El muntatge de la xarxa és més car que el cas de la xarxa ramificada.

• Xarxes mixtes

El sistema mixt, com indica el seu nom, combina la topologia de ramificació amb la de malla. Normalment, al centre de la població la xarxa segueix la topologia de malla i es ramifica als barris externs.

La figura 77 mostra un esquema d'aquest tipus de topologia. Aquesta figura mostra de color blau cel les canonades que segueixen la topologia mallada i de color vermell les canonades que segueixen la topologia ramificada.

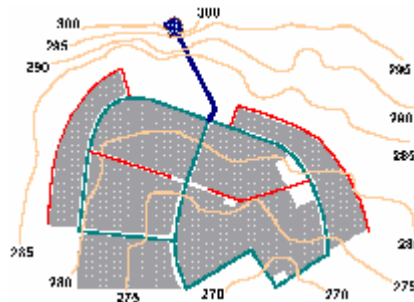


Figura 77 - Xarxa mixta

### 6.2.1.3 Elements d'una xarxa de distribució d'aigua

En l'apartat 6.2.1.2 s'han explicat les diferents topologies que poden presentar les xarxes de distribució d'aigua. En aquest apartat es veurà quins són els elements que les formen.

Hi ha una gran diversitat d'elements que poden formar part d'una xarxa de distribució d'aigua. En aquest apartat es farà menció dels elements que participaran en el model de la xarxa de distribució d'aigua que s'implementarà al SIG (apartat 6.2.5).

Els elements que formen part d'una xarxa de distribució d'aigua es poden classificar en tres grups:

• Elements principals

Es connecten a les terminacions de les canonades principals de subministrament d'aigua:

o Canonada Principal

Canonada de capacitat gran o mitjana. De la canonada principal en neixen ramificacions en forma de canonades secundàries per arribar a tots els habitatges i zones d'un municipi o població.

o Connexió en creu

Element de connexió entre canonades principals. Aquest element permet la interconnexió de 4 canonades principals.

- Connexió en forma de “T”  
Element de connexió entre canonades principals. Amb aquest element es poden interconnectar 3 canonades principals.
- Vàlvula principal  
La seva funció és de clau de pas en una canonada principal.
- Juntura per a corba  
Element de connexió entre dues canonades principals. Mitjançant aquest element és possible interconnectar dues canonades principals fent que formin un angle diferent a 180 graus.
- Tap  
Element terminal. Quan una canonada principal té un terminal no connectat a cap element, cal tapar-la per impedir que es vessi l'aigua de la xarxa.
- Elements de servei  
Es connecten als terminals de les canonades de servei amb la finalitat de subministrar l'aigua als habitatges i zones verdes. En aquest grup s'hi encabeixen, entre d'altres, les connexions en “T” per a línies de servei i els mesuradors d'aigua.
  - Línia de servei  
Canonada que s'utilitza per a transportar l'aigua fins a un habitatge o zona.
  - Connexió de línia en forma de “T”  
Element de connexió entre una canonada principal i una línia de servei.
  - Mesurador d'aigua  
Element terminal que es connecta a una línia de servei. S'utilitza per a mesurar el consum d'aigua d'un determinat habitatge.
- Elements de sortida d'aigua  
Es connecten als terminals de les canonades secundàries. Els elements més representatius d'aquest grup són les vàlvules de sortida, les sortides d'aigua i les connexions en “T” per a canonades secundàries i canonades principals.
  - Canonada secundària  
Té una capacitat inferior a la canonada principal i serveix per a transportar l'aigua procedent d'una canonada principal fins a una sortida d'aigua.
  - Sortida d'aigua  
Element terminal que es connecta a una canonada secundària. Es troba al carrer i s'hi pot instal·lar una font o una sortida d'aigua pels bombers.
  - Connexió secundària en forma de “T”  
Element de connexió entre una canonada principal i una de secundària.
  - Vàlvula secundària  
La seva funció és de clau de pas en una canonada secundària.

### 6.2.2 Model conceptual

En aquest apartat es detalla el model conceptual dels elements que formen la xarxa de distribució d'aigua. A part de descriure els atributs dels elements, aquest model ha de ser capaç d'expressar les relacions i restriccions entre els diferents elements.

El diagrama de la figura 78 mostra el model en UML. En aquest diagrama es pot veure que hi ha 5 tipus de connexions, que es poden classificar en:

- Connexions terminals
 

Són abstraccions de les connexions que es realitzen entre els punts terminals dels diferents tipus de canonades. Aquest tipus de connexió es representa al diagrama UML mitjançant tres classes, en funció de la canonada a la qual pertany la connexió. Aquestes classes són:

  - ConnexióLimitPrincipal
 

Representa una connexió entre una canonada principal i una vàlvula d'aigua, o bé un tap o bé una creu o bé una connexió en forma de "T".  
Una creu té quatre ConnexióLimitPrincipal, una "T" principal en té tres, una vàlvula en té dues i un tap en té una.
  - ConnexióLimitServei
 

Representa una connexió entre una canonada de servei i un mesurador d'aigua, o bé una "T" de servei.  
Una "T" de servei i un mesurador d'aigua tenen una ConnexióLimitServei.
  - ConnexióLimitSortida
 

Representa una connexió entre una canonada secundària i una sortida d'aigua o una "T" de sortida de boca o una vàlvula de boca.  
Una vàlvula de sortida té dues ConnexióLimitSortida, mentre que una sortida i una "T" en tenen una cadascuna.

Les CanonadaAigua, CanonadaServei i CanonadaSecundària tenen dues connexions terminals (els seus dos extrems). És a dir, són connexions que segmenten.

- Connexions no terminals
 

Es tracta de connexions sobre els diferents tipus de canonades (en el present model, només sobre canonades principals). Aquest tipus de connexions no segmenten, sinó que es fan "sobre" la canonada.  
Per motius de pressió de l'aigua, en una canonada principal hi poden haver fins a 25 "T"s de servei connectades i un número indeterminat de "T"s de boca ("T"s secundàries).

Hi ha un seguit de restriccions a l'hora de fer les connexions que cal tenir en compte:

- Una vàlvula d'aigua (principal), un tap i una corba han de suportar el mateix cabal que el de les canonades a les quals estan connectades.
- Una "T" de servei ha de suportar el mateix cabal d'entrada que la canonada principal i el mateix cabal de sortida que el de la canonada de servei a la qual està connectada.

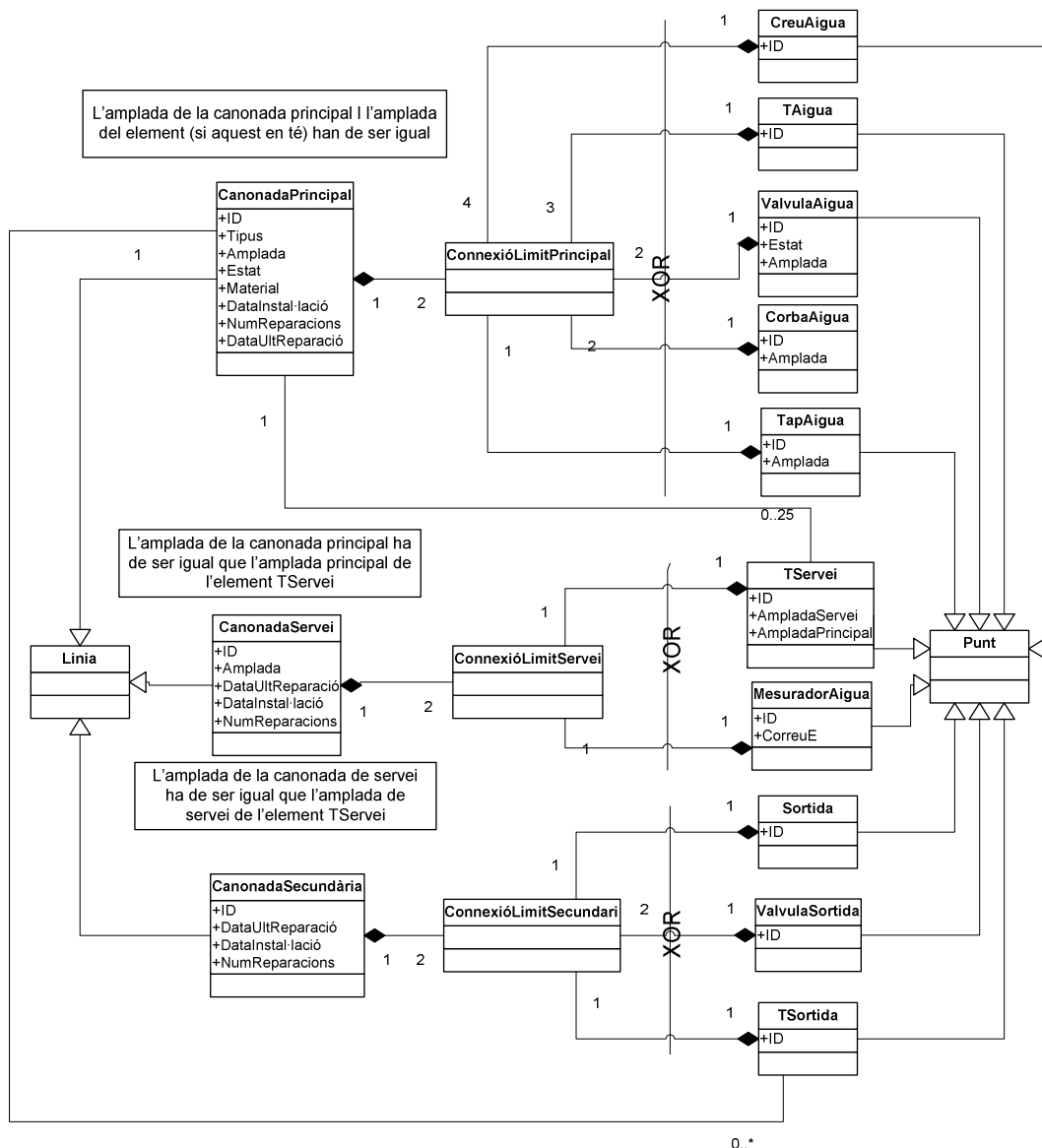


Figura 78 - Model conceptual de la xarxa de distribució d'aigua

A continuació es descriuen els atributs de les diferents classes que formen part del model de dades. Cada classe del model de dades fa referència a un element concret de la xarxa de distribució d'aigua (apartat 6.2.1.3).

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
CreuAigua	Connexió en creu	ID	Numèric	Identificador únic

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
TAigua	Connexió en forma de "T"	ID	Numèric	Identificador únic

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
ValvulaAigua	Vàlvula principal	ID	Numèric	Identificador únic
		Estat	Text	Pot estar oberta o tancada
		Amplada	Numèric	Amplada de la connexió

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
CorbaAigua	Juntura per a corba	ID	Numèric	Identificador únic
		Amplada	Numèric	Amplada de la connexió

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
TapAigua	Tap	ID	Numèric	Identificador únic
		Amplada	Numèric	Amplada de la connexió

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
TServei	Connexió de línia en forma de "T"	ID	Numèric	Identificador únic
		AmpladaServei	Numèric	Amplada de la connexió cap a la línia de servei
		AmpladaPrincipal	Numèric	Amplada de la connexió cap a la canonada principal

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
MesuradorAigua	Mesurador d'aigua	ID	Numèric	Identificador únic
		CorreuE	Text	Correu electrònic de l'usuari

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
Sortida	Sortida d'aigua	ID	Numèric	Identificador únic

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
ValvulaSortida	Vàlvula secundària	ID	Numèric	Identificador únic

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
TSortida	Connexió secundària en forma de "T"	ID	Numèric	Identificador únic

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
CanonadaPrincipal	Canonada principal	ID	Numèric	Identificador únic
		Tipus	Text	Finalitat de la canonada: Transmissió, Distribució o Servei
		Amplada	Numèric	Amplada de la canonada.
		Estat	Text	Pot estar en ús o en desús
		Material	Text	Material amb el qual s'ha construït la canonada
		DataInstal·lació	Data	Data en la qual es va instal·lar la canonada
		NumReparacions	Numèric	Número de reparacions
		DataUltReparació	Data	Data de la última reparació

Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
CanonadaServei	Línia de servei	ID	Numèric	Identificador únic
		Amplada	Numèric	Amplada de la canonada.
		DataUltReparacio	Data	Data de la última reparació
		DataInstal·lació	Data	Data en la qual es va instal·lar la canonada
		NumReparacions	Numèric	Número de reparacions



Classe	Element	Atribut	Tipus	Descripció
CanonadaSecundaria	Canonada secundària	ID	Numèric	Identificador únic
		DataUltReparació	Data	Data de la última reparació
		DataInstal·lació	Data	Data en la qual es va instal·lar la canonada
		NumReparacions	Numèric	Número de reparacions

### 6.2.3 Justificació d'ús de Geomedia Public Works

Una vegada obtingut el model conceptual dels elements que formen la xarxa de distribució d'aigua, cal implementar-lo mitjançant el programari.

La càrrega semàntica del model conceptual creat en l'apartat 6.2.2 és molt forta, doncs hi ha relacions bidireccionals amb diferents cardinalitats, restriccions de connexió i tipus de connexió diferents.

Com s'explica en el capítol 5.2, Geomedia Professional 5.2 permet el modelatge de les classes entitats mitjançant el model SFM. Aquest model no proporciona prou potència per a la implementació del model conceptual proposat, ja que no és capaç de representar les relacions entre les classes i les seves restriccions. Per tant, cal buscar una eina basada en un model més potent.

En el capítol 5.2 es descriu com Geomedia Public Works proporciona un model molt més ric anomenat AFM. Per exemple, en la figura 79 es mostra la classe d'entitat CanonadaPrincial. Aquesta classe està relacionada amb altres classes d'entitat (taps, connexions en "T", vàlvules, etc.). En aquesta figura es mostra com la relació d'entitat CanonadaServei és una connexió sense segmentació amb una determinada cardinalitat (on line to origin). Per tant, les connexions en forma de "T" de les línies de servei no segmenten les canonades principals.

Si s'intenta implementar el model conceptual sense aprofitar la potència de Geomedia Public Works, el SIG no serà capaç de reconèixer les diferents connexions i restriccions. Això impossibilitarà les tasques de manteniment, predicció de punts de fuga, traçat i execució de comandes complexes. Si es volgués disposar d'aquestes funcionalitats sense fer ús de Geomedia Public Works, caldria implementar a mà totes les comandes i eines per a establir restriccions i relacions.

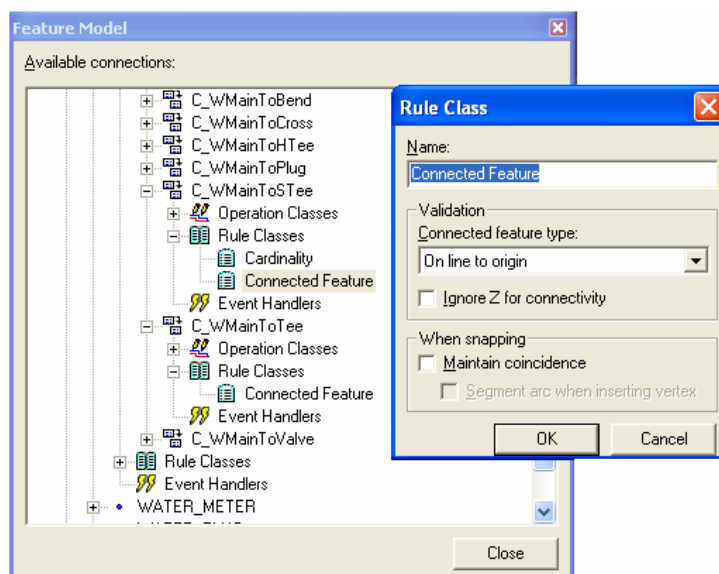


Figura 79 - Relacions i restriccions del model

#### 6.2.4 Magatzem de dades

Un cop dissenyat el model conceptual (apartat 6.2.2) cal implementar-lo. Geomedia Public Works ofereix un magatzem preexistent que té moltes similituds amb el model conceptual presentat en l'apartat 6.2.2. Així doncs, s'ha reutilitzat aquest magatzem aplicant les modificacions pertinents (bàsicament afegint nous atributs a les entitats que representen les diferents canonades i a l'entitat MesuradorAigua). El resultat ha estat un model físic capaç d'emmagatzemar tots els elements, les seves relacions i les seves restriccions.

Tal com s'explica en l'apartat 6.2.3, per a la generació d'un model físic que sigui capaç d'expressar tota la semàntica del model conceptual de l'apartat 6.2.2, cal utilitzar Geomedia Public Works i implementar el model conceptual mitjançant el model AFM (apartat 5.2).

Els elements del magatzem corresponen als següents elements del model conceptual:

ELEMENT MAGATZEM	ELEMENT MODEL CONCEPTUAL
WATER_WAIN	CanonadaPrincipal
WATER_VALVE	ValvulaAigua
WATER_TEE	TAigua
WATER_CORSS	CreuAigua
WATER_PLUG	TapAigua
WATER_BLEND	CorbaAigua
SERVICE_LINE	CanonadaServei
SERVICE_TEE	TServei
WATER_METER	MesuradorAigua
HYDRANT_PIPE	CanonadaSecundària
HYDRANT	Sortida
HYDRANT_BRANCH_TEE	TSortida
HYDRANT_BRANCH_VALVE	ValvulaSortida

#### 6.2.5 Inserció d'entitats

Una cop s'han definit les classes d'entitat, segons el model conceptual, en el magatzem (apartat 6.2.4). Es pot fer el disseny de la xarxa de distribució d'aigua sobre la finestra de mapa. De la mateixa manera que en l'apartat 6.1.4, caldrà tenir en compte els accidents geogràfics del terreny (a partir de les ortofotografies) així com les entitat preexistents (els diferents tipus d'habitatges i zones).

La figura 80 mostra el disseny de la xarxa de distribució d'aigua. Aquest disseny s'ha fet de forma manual fent ús de les classes d'entitat contingudes en el magatzem. La figura il·lustra com les canonades principals segueixen els carrers, les línies de servei arriben als habitatges i les boques de sortida es troben prop de les voreres.



Figura 80 - Inserció d'entitats de la xarxa de distribució d'aigua

L'interval de visualització de la xarxa de distribució d'aigua és d'1:1 a 1:12.000. És a dir, quan l'escala sigui inferior a 1:12.000 la xarxa de distribució d'aigua deixarà de visualitzar-se al SIG.

### 6.2.6 Validació de les entitats del SIG

Un cop finalitzada la inserció d'entitats, cal assegurar-se que aquestes són correctes i coherents. A simple vista, pot semblar que tant les geometries com les connexions són correctes quan en realitat no és així. Per assegurar que totes les connexions són correctes cal utilitzar les eines de validació que ofereix Geomedia Professional 5.2.

Tal com s'explica en l'apartat 4.4, Geomedia Professional 5.2 ofereix un conjunt d'eines per a la comprovació de les geometries i connexions de les entitats. A l'hora d'implementar el SIG ha calgut l'ús d'aquestes eines, especialment les de validació de connexament.

Tot i que la validació de les entitats des del punt de vista físic (geometries i connexions de les entitats) és important, també ho és la validació de les entitats des del punt de vista semàntic. Per a la realització d'aquest tipus de validació Geomedia Public Works es basa en el model conceptual (apartat 6.2.2).

Per a la validació semàntica, en primer lloc s'ha verificat la coherència del model conceptual i seguidament s'han validat totes les classes d'entitat.

La figura 81 mostra la finestra de validació i el resultat correcte de la validació en la llegenda. La finestra de la dreta (validació de classes d'entitat) mostra totes les entitats del model de dades de la xarxa de distribució d'aigua seleccionades. La finestra de l'esquerra (llegenda) mostra el resultat d'haver executat la validació. Com es pot observar, cap de les entitats presenta problemes.

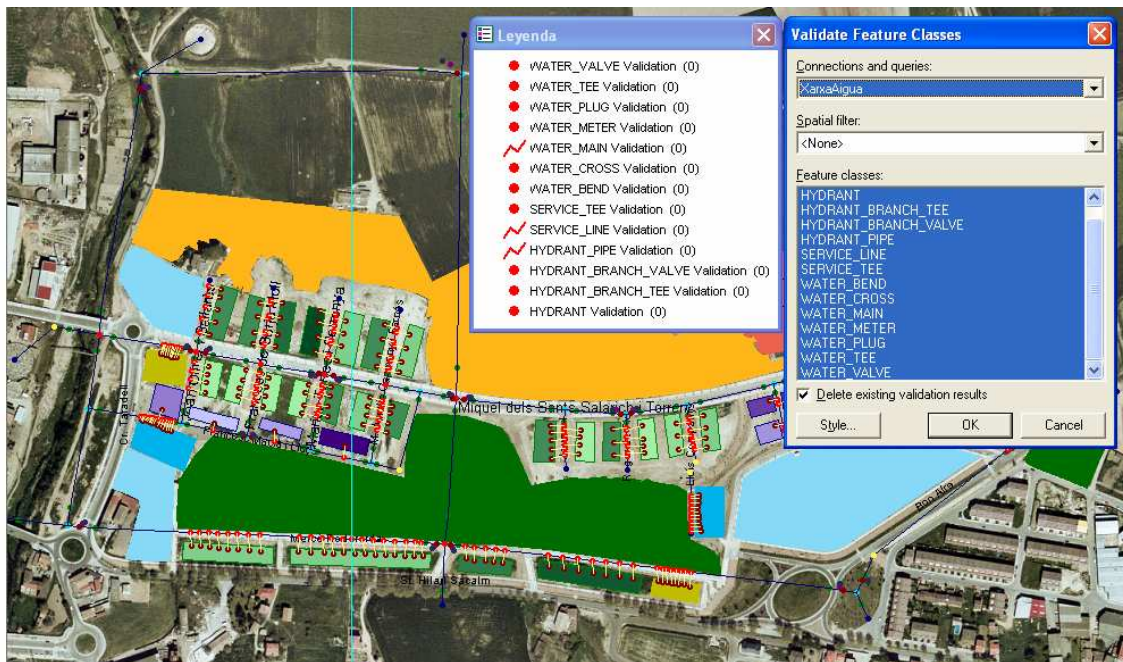


Figura 81 - Validació de la xarxa de distribució d'aigua

L'arranjament de les entitats que no complien les restriccions del model ha estat molt laboriós, especialment l'entitat CanonadaPrincipal (Water\_Main) ha presentat molts problemes de connexió semàntica amb les entitats TServei (Service\_Tee) i TSortida (Hydrant\_Branch\_Tee). A continuació es detallen els problemes trobats:

- La quantitat d'entitats TServei en una canonada principal s'ha excedit. El model conceptual restringeix a 25 el número d'entitats TServei que pot tenir una canonada principal. Aquest error s'ha solucionat creant més canonades principals.
- Les connexions entre TServeis i les canonades secundàries presentaven problemes de geometria. Concretament, algunes línies que representen les canonades eren massa llargues i altres massa curtes. Aquest problema s'ha solucionat amb les eines de correcció de Geomedia Professional 5.2.
- Les connexions entre TSortida i les canonades principals presentaven problemes de geometria. Concretament, els nodes no coincidien (n'apareixia més d'un). Aquest problema s'ha solucionat de forma manual.
- Els elements TServei i TSortida tallaven les canonades principals. Per detectar aquest problema ha calgut utilitzar l'eina de verificació de Geomedia Public Works i per solucionar-lo s'han hagut de fer les modificacions a mà.

No és aconsellable fer cap tipus d'anàlisi o executar cap tipus de comanda en un SIG on les entitats no han estat validades convenientment, doncs els resultats poden ser erronis.

### 6.2.7 Anàlisi de dades

En aquest apartat es mostra com es poden aplicar un conjunt de consultes (apartat 4.5) sobre les dades del SIG obtingut. A més, en el punt 6.1.6.2 s'explica com es crea una visualització temàtica (apartat 4.3.1) a partir del resultat de la creació d'un atribut funcional.

L'anàlisi de dades d'un SIG pot ser una eina molt útil a l'hora de prendre decisions. Aquest conjunt de consultes es realitza sobre la representació del barri de Sant Llätzer de Vic, que és un dels objectius d'aquest treball.

La consulta de l'apartat 6.2.7.1 pot ser útil per un operari de la xarxa de distribució d'aigua, ja que pot saber si té una sortida d'aigua a menys de 50 metres. Aquesta consulta també pot ser útil en cas d'incendis.

La consulta de l'apartat 6.2.7.2 pot ajudar a l'empresa que manté la xarxa de distribució d'aigua a fer prediccions de demanda. Fins i tot, pot ser útil per a veure com es comporta el consum en funció de la relació terreny/jardí que té una casa unifamiliar.

#### 6.2.7.1 Consulta proximitat Pis - Sortida d'aigua

La intenció d'aquesta consulta és esbrinar quins són els blocs de pisos que es troben a una distància inferior a 50 metres d'una sortida d'aigua. Com a resultat d'aquesta consulta s'obtidran els pisos que tenen algun punt en la seva geometria a 50 metres o menys d'un punt d'una entitat Sortida d'aigua (Hydrant).

Com mostra la figura 82, aquest tipus de consulta és espacial.

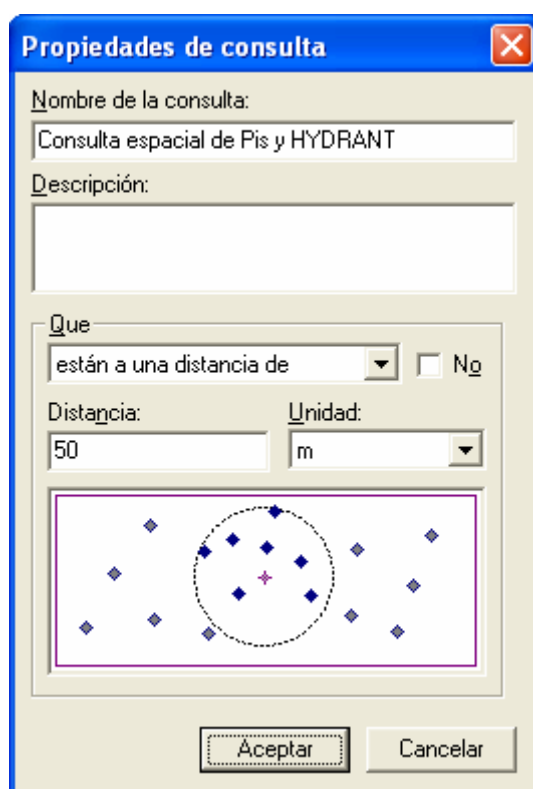


Figura 82 - Consulta espacial

#### 6.2.7.2 Visualització temàtica de cases arreglades

En aquest apartat es mostra com es crea una visualització temàtica per indicar la mitjana de jardí que hi ha per habitatge en un bloc de cases arreglades.

Abans de crear la visualització temàtica, cal crear l'atribut funcional MitjaJardiHabitatge (figura 83), que s'obté de dividir els metres de Jardí del bloc de cases arreglades per la quantitat de cases que formen el bloc. La informació dels metres quadrats de Jardí del bloc i la quantitat de cases que formen cada bloc està emmagatzemada en dos atributs de la classe d'entitat.

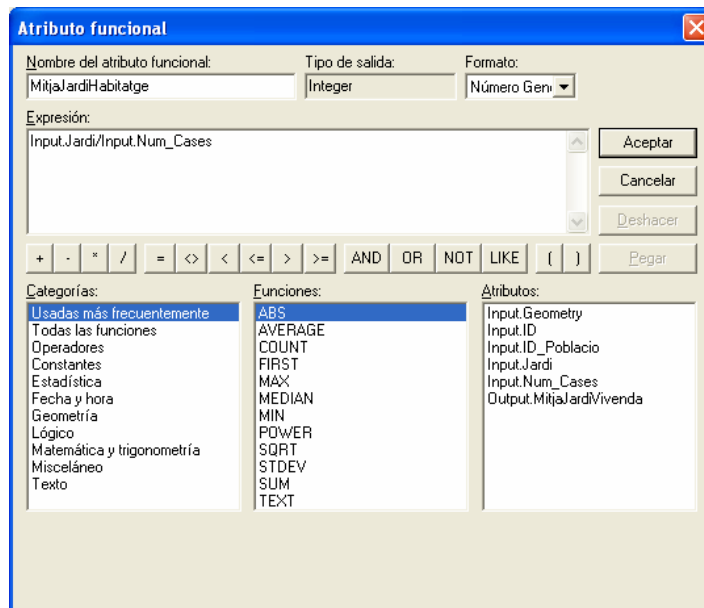


Figura 83 - Creació atribut funcional

Un cop s'incorpora l'atribut funcional a la classe d'entitat CasaUnifamiliarArrenglerada, es crea la visualització temàtica mitjançant aquest nou atribut. La figura 84 mostra les tonalitats de color en funció dels metres quadrats.

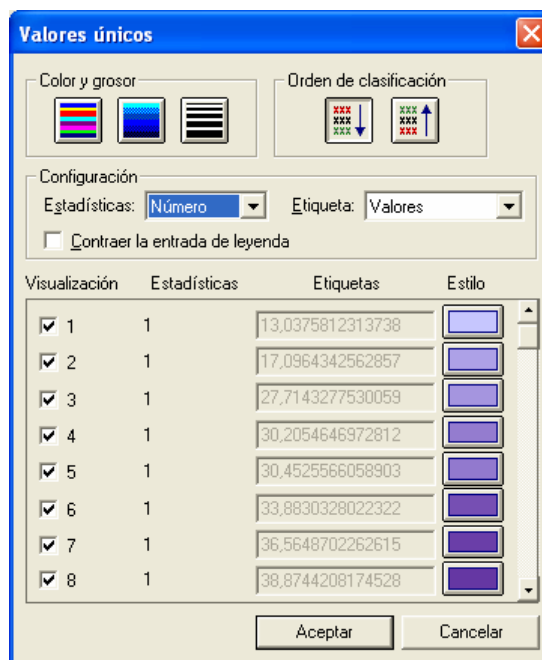


Figura 84 - Creació mapa temàtic

A la figura 85 es pot observar que els pisos estan resseguits de color vermell si estan a una distància inferior a 50 metres d'una sortida d'aigua (en aquest cas només n'hi ha un). Aquesta figura també mostra el mapa temàtic de les cases arrenglerades, pintades en diferents tonalitats de verd en funció de la quantitat de jardí que tenen en relació al terreny total.

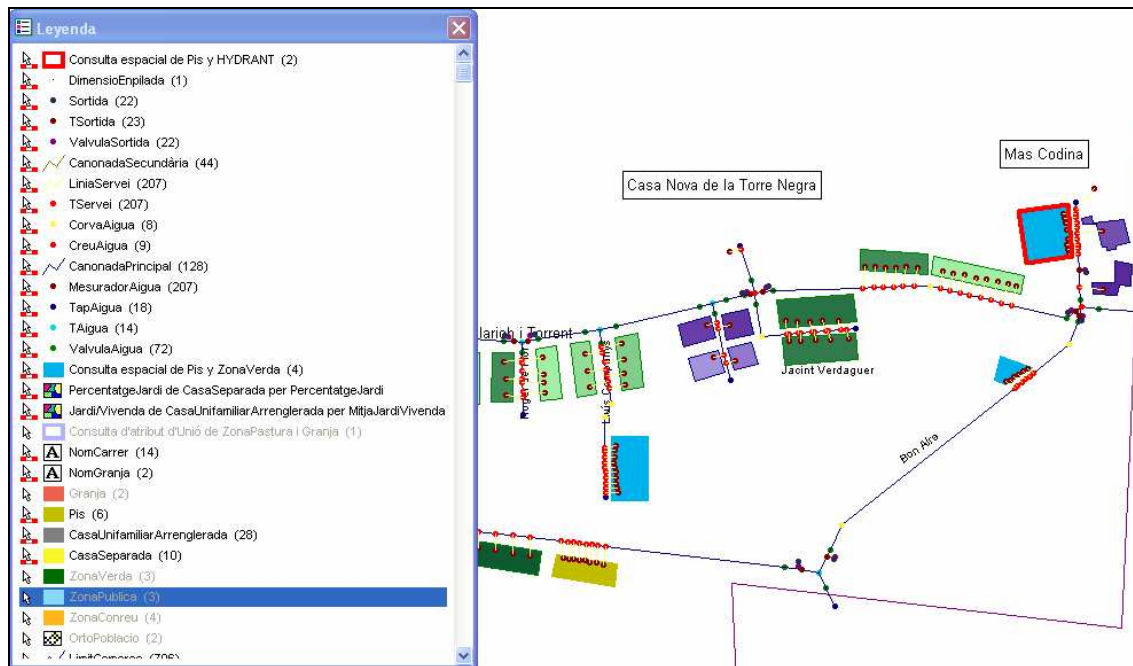


Figura 85 - Mapa amb consultes

### 6.2.8 Dimensionament

Tal com s'explica en l'apartat 5.3, Geomedia Public Works ofereix una eina per anotar distàncies i altres magnituds. Tal com il·lustra la figura 86, s'ha utilitzat aquesta eina per a mesurar les distàncies entre diferents elements d'un tram de la xarxa. La modalitat utilitzada per a les anotacions ha estat el dimensionament empilat (veure apartat 5.3).

L'anotació de distàncies és de gran ajuda en el moment de fer el disseny de la xarxa. D'aquesta manera hom pot veure a simple vista si les restriccions inherents als diferents tipus de xarxes es compleixen (per exemple, que una canonada no sobrepassi la llargada màxima). També, mitjançant l'eina de dimensionalment, es pot facilitar la comprensió del disseny a una tercera persona.

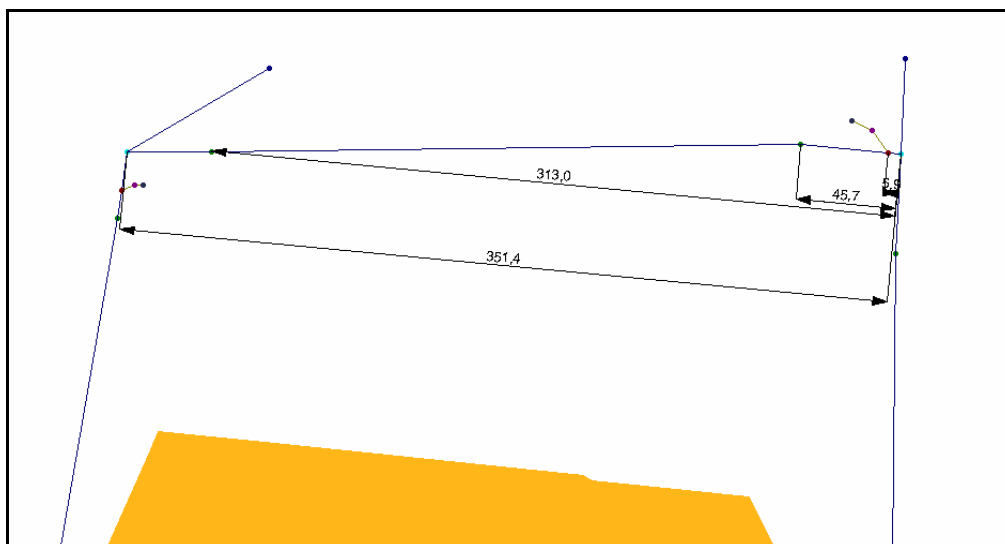


Figura 86 – Dimensionament de xarxa de distribució d'aigua

La utilització d'aquesta eina és especialment útil en el moment de fer el disseny de la xarxa de distribució d'aigua, doncs com s'ha comentat en l'apartat 6.2.1.1, hi ha un seguit de restriccions i condicions espacials que cal tenir en compte.

## 6.2.9 Traçat

L'eina de traçat (apartat 5.4) permet determinar traçats i buscar punts amb unes determinades restriccions. Indirectament, aquesta eina pot ser útil a l'hora de marcar traçats afectats per una avaria o per determinar quines vàlvules cal tancar per aïllar una avaria.

La figura 87 mostra un tram entre dues vàlvules tancades que està afectat per una avaria. Per determinar aquest tram s'ha fet una definició de traçat que s'aturi quan es troba una vàlvula tancada.

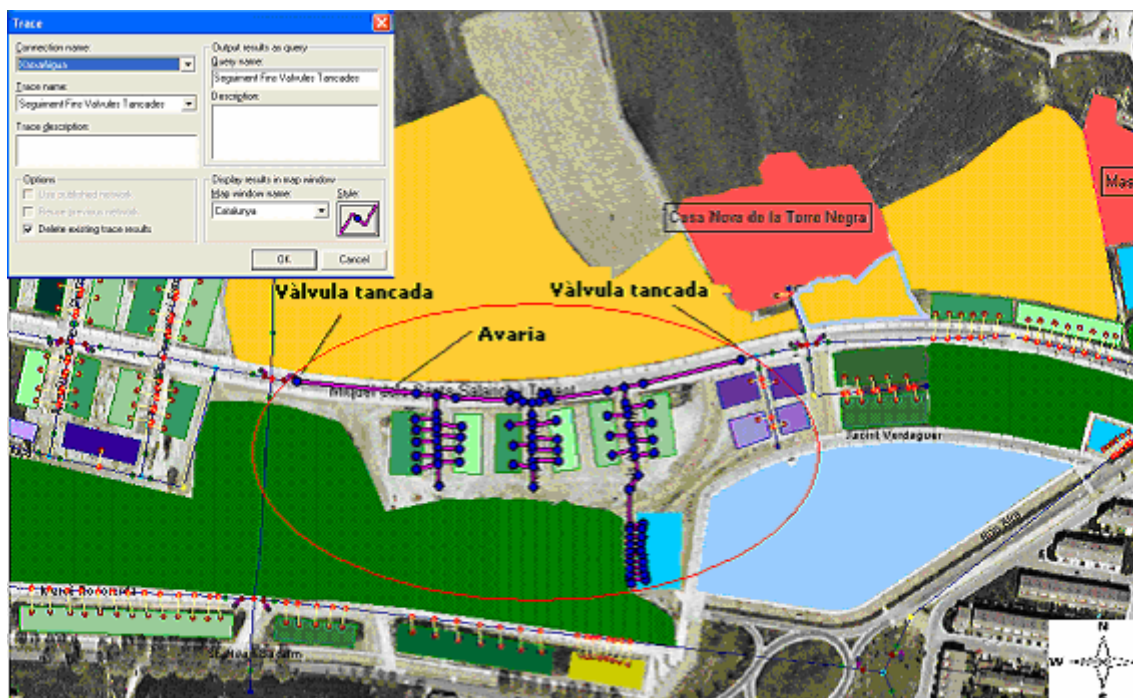


Figura 87 - Exemple d'execució de traçat

Mitjançant aquesta eina es pot determinar quins seran els trams i habitatges afectats en cas que aparegui una avaria en la xarxa de distribució d'aigua.

## 6.2.10 Generació d'una comanda per a la gestió d'avaries

Com s'explica en l'apartat 5.5, mitjançant el model de dades avançat que ofereix Geomedia Public Works es poden crear comandes personalitzades dins el SIG.

La comanda personalitzada que s'ha afegit al SIG serveix per a dur a terme part de la gestió d'avaries d'una xarxa de distribució d'aigua. En l'apartat 6.2.10.1 es descriu a nivell d'usuari el funcionament i les funcionalitats que ofereix la comanda creada i en l'apartat 6.2.10.2 es descriu el desenvolupament de la comanda des d'un punt de vista tècnic.

### 6.2.10.1 Operatòria i funcionalitats

Les funcionalitats de la comanda personalitzada per a la gestió d'avaries són les següents:

- Permet a l'usuari marcar sobre la finestra de mapa els diferents punts que formen l'avaría. És a dir, la comanda permet multiselecció de punts d'avaría.
- Com a resultat de l'execució de la comanda es mostren els elements afectats, les vàlvules que cal tancar per aïllar l'avaría i les adreces dels usuaris afectats per l'avaría. La forma de mostrar aquests elements és doble:
  - Sobre el mapa es ressalten els elements afectats i les vàlvules que cal tancar. Per fer-ho, es ressegueixen els elements de la xarxa de distribució d'aigua.



- Es mostra un formulari amb els elements afectats, vàlvules que cal tancar i les adreces de correu electrònic dels usuaris afectats.
- Un cop es mostra el formulari, l'usuari té l'opció d'emmagatzemar totes aquestes dades en una base de dades Access. Aquestes dades quedaran associades a l'avaria en qüestió.

A continuació es descriu la operatòria de la comanda i la interpretació dels resultats des del punt de vista de l'usuari.

- **Selecció de punts d'avaria**

Inicialment, l'usuari selecciona els elements que originen l'avaria. En la figura 88 es pot veure que l'usuari ha seleccionat dues canonades principals (punts de color lila).

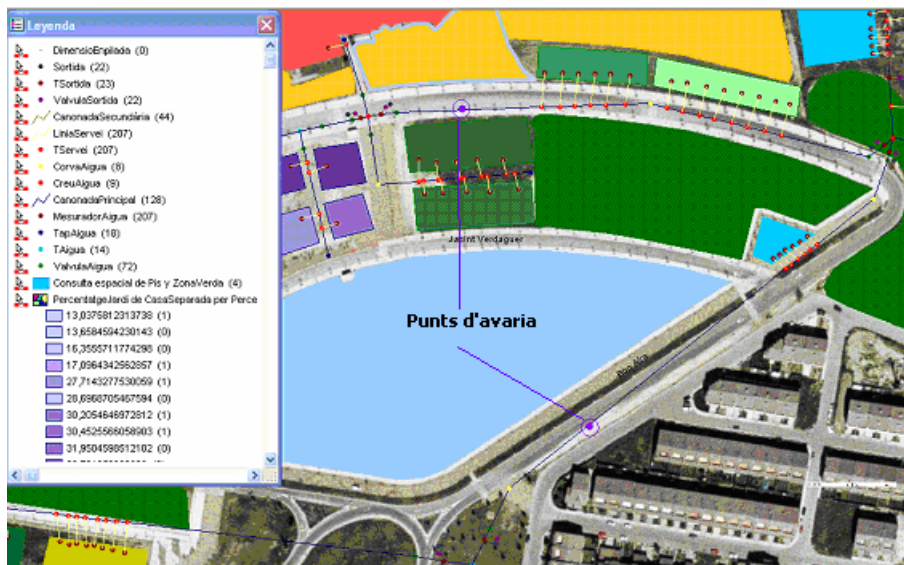


Figura 88 - Comanda personalitzada: selecció de punts d'avaria

- **Execució de la comanda.**

Un cop els elements avariats han estat seleccionats, es procedeix a executar la comanda personalitzada. La figura 89 mostra el resultat de l'execució de la comanda.

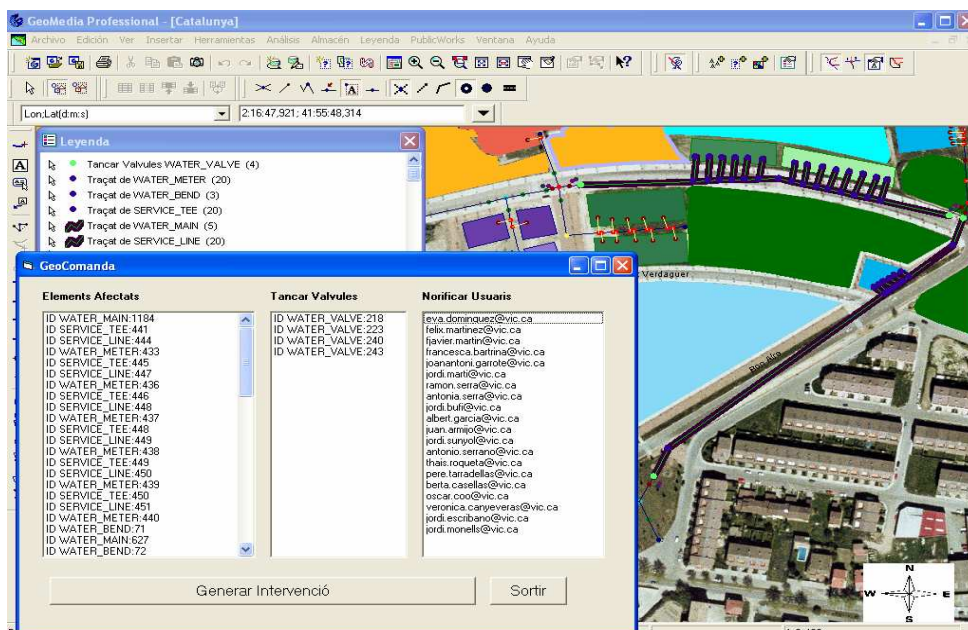


Figura 89 - Execució de la comanda personalitzada

- **Presentació de resultats en un formulari**

Com s'ha comentat en el punt anterior, el formulari (figura 90) forma part del resultat. Aquest formulari mostra la següent informació:

- **Elements Afectats**  
Llistat amb tots els elements afectats, mostrant el seu identificador i el seu tipus.
- **Tancar Vàlvules**  
Llistat de totes les vàlvules que cal tancar per aïllar l'avaria.
- **Notificar Usuaris**  
Llistat de les direccions de correu electrònic dels usuaris que es veuen afectats pel tancament de les vàlvules.

Mitjançant el botó "Generar Intervenció", l'usuari pot emmagatzemar tota aquesta informació en un conjunt de taules de la base de dades "GestióAvaries.mdb" per al posterior tractament. A més, aquest procés associa una data i un identificador d'intervenció al conjunt d'informació generada.

Elements Afectats	Tancar Valvules	Notificar Usuaris
ID WATER_MAIN:1184	ID WATER_VALVE:219	eva.dominquez@vic.ca
ID SERVICE_TEE:441	ID WATER_VALVE:223	felix.martinez@vic.ca
ID SERVICE_LINE:444	ID WATER_VALVE:240	fjavier.martin@vic.ca
ID WATER_METER:433	ID WATER_VALVE:243	francesca.bartina@vic.ca
ID SERVICE_TEE:445		joanantonio.garrote@vic.ca
ID SERVICE_LINE:447		jordi.marti@vic.ca
ID WATER_METER:436		ramon.serra@vic.ca
ID SERVICE_TEE:446		antonia.serra@vic.ca
ID SERVICE_LINE:448		jordi.buli@vic.ca
ID WATER_METER:437		albert.garcia@vic.ca
ID SERVICE_TEE:448		juan.armijo@vic.ca
ID SERVICE_LINE:449		jordi.suryol@vic.ca
ID WATER_METER:438		antonio.serrano@vic.ca
ID SERVICE_TEE:449		thais.roquetas@vic.ca
ID SERVICE_LINE:450		pere.taradellas@vic.ca
ID WATER_METER:439		berta.castellas@vic.ca
ID SERVICE_TEE:450		oscar.ooo@vic.ca
ID SERVICE_LINE:451		veronica.canjeveras@vic.ca
ID WATER_METER:440		jordi.escribano@vic.ca
ID WATER_BEND:71		jordi.monells@vic.ca
ID WATER_MAIN:627		
ID WATER_BEND:72		

Figura 90 - Comanda personalitzada: Formulari resultant

- **Presentació de resultats en la finestra de mapa**

L'execució de la comanda també modifica la presentació en la finestra de mapa dels elements afectats per l'avaria i de les vàlvules que cal tancar per aïllar l'avaria. En la figura 91 es pot observar com els elements afectats per l'avaria estan pintats de color lila i les vàlvules que cal tancar ho estan de color verd.

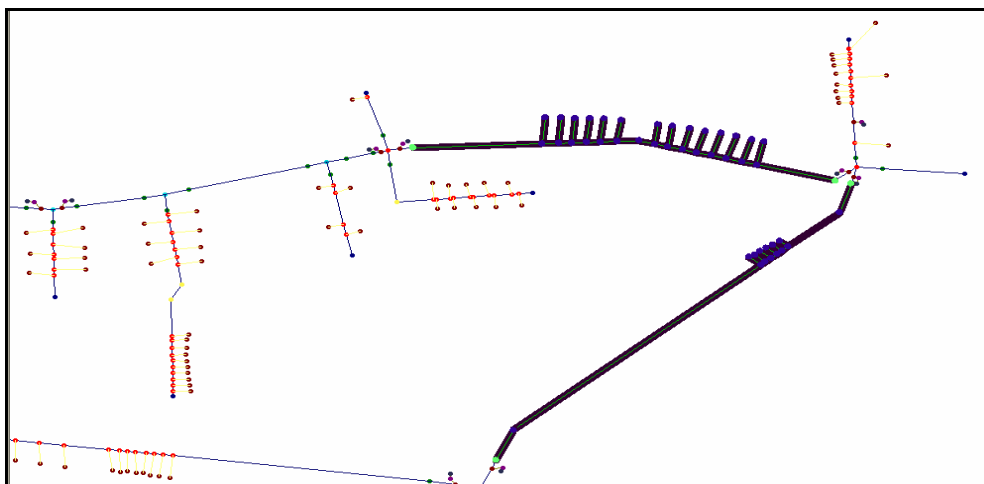


Figura 91 - Comanda personalitzada. Traçat resultant

### 6.2.10.2 Descripció del desenvolupament de la comanda

Aquesta comanda s'ha desenvolupat amb Microsoft Visual Basic 6.0, l'API de Geomedia Professional 5.2, l'API de Geomedia Public Works i l'API DAO 3.6.

Per explicar el funcionament de la comanda des d'un punt de vista més intern, cal veure què aporta cadascuna de les tres APIs utilitzades per al desenvolupament de la comanda personalitzada.

- **API Geomedia Professional 5.2**

Aquesta API s'utilitza per a dur a terme dues funcionalitats:

- Obtenció dels elements seleccionats per l'usuari  
Un cop l'usuari ha seleccionat els punts d'avaría (en canonades, vàlvules o qualsevol altre element de la xarxa de distribució d'aigua) pot executar la comanda. Per obtenir les entitats que ha seleccionat l'usuari s'utilitza el mètode `MapViewSelectedObjects` de la classe `MapView`.  
Cada element es carrega per així obtenir tota la informació de l'entitat seleccionada. Un cop carregada l'entitat, aquesta es transforma en entitat del model AFM.
- Modificació de la llegenda  
Quan l'algorisme de cerca d'entitats afectades finalitza, es marquen sobre la finestra de mapa les entitats trobades. Per fer-ho, es crea un objecte `LegendEntity`, s'hi associa un estil en funció del tipus de geometria de l'entitat afectada, s'associa un filtre que determini totes les entitats afectades de la mateixa classe i s'insereix a la llegenda. Automàticament apareixen les entitats a la finestra de mapa pintades segons l'estil definit.

- **API Geomedia Public Works**

Aquesta API serveix per a obtenir els atributs i relacions de les entitats que formen la xarxa de distribució d'aigua. Donada una entitat del model AFM es pot determinar quines entitats estan connectades a ella i de quina forma. Per aconseguir aquesta informació cal obtenir els rols associats (`AssociationRole`) i per a cada `AssociationRole` executar el mètode `GetAssociatedFeatures` (que retorna les entitats associades). A partir d'aquest procés iteratiu s'obtenen tants `recordsets` com entitats de diferents classes hi ha connectades a una entitat.

- **API DAO 3.6**

La finalitat d'aquesta API és la de poder consultar i manipular bases de dades `Access`. Quan es mostren a l'usuari totes les entitats afectades, les vàlvules que cal tancar i les adreces electròniques dels usuaris afectats, aquest té la possibilitat d'emmagatzemar tota aquesta informació en una base de dades `Access`. L'operació d'emmagatzemament de dades es fa de forma transaccional, creant el corresponent `workspace` i transacció. D'aquesta forma, en cas que aparegui un error es farà un `rollback` de tota la transacció.

A continuació es mostra el model entitat-relació de la base de dades `Access` on s'emmagatzema la informació associada a l'avaría (figura 92). Tal com es comenta en el punt 6.2.10.1, la funcionalitat de generació d'intervenció s'ofereix mitjançant el botó "Generar intervenció" del formulari de presentació de resultats de la comanda.

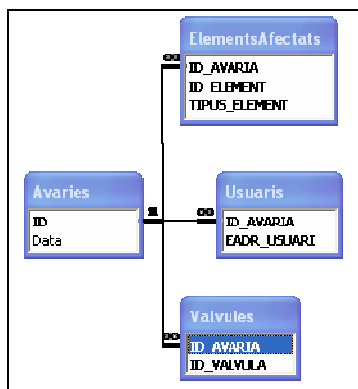


Figura 92 - Model entitat relació de la base de base Access de la comanda

A continuació es descriuen les classes del diagrama entitat - relació de la figura 92.

- Avaries
 

Una avaria està formada per: usuaris, elements i vàlvules. Els atributs d'aquesta entitat són:

  - ID: Identificador únic de l'avaría
  - Data: Data en que es va generar l'avaría (moment en que l'usuari prem el botó "Generar Intervenció").
- Vàlvules
 

Conté les vàlvules que cal tancar per aïllar una determinada avaría. Els atributs d'aquesta entitat són:

  - ID\_Avaria: Identificador d'avaría
  - ID\_Valvula: Identificador de vàlvula que cal tancar. Aquest identificador és el mateix que el de la vàlvula que hi ha en el magatzem de la xarxa del SIG.
- ElementsAfectats
 

Conté els elements que es veuran afectats en el moment que es tanquin les vàlvules per aïllar l'avaría. Els atributs d'aquesta entitat són:

  - ID\_Avaria: Identificador d'avaría
  - Tipus\_Element: Conté el nom del tipus d'element associat.
  - ID\_Element: Identificador de l'element afectat. Aquest identificador és el mateix que el de l'element que hi ha en el magatzem de la xarxa del SIG.
- Usuaris
 

Conté els usuaris que cal avisar perquè es quedaran sense subministrament d'aigua. Els atributs d'aquesta entitat són:

  - ID\_Avaria: Identificador d'avaría
  - EADR\_Usuari: Adreça electrònica de l'usuari. Serveix per enviar un e-mail i així informar a l'usuari de la seva possible manca de servei durant un determinat període de temps. Aquesta adreça s'obté de l'entitat mesurador d'aigua.

Un cop explicat quin paper té cada API en l'execució de la comanda, en la figura 93 s'il·lustra el funcionament de l'algorisme.

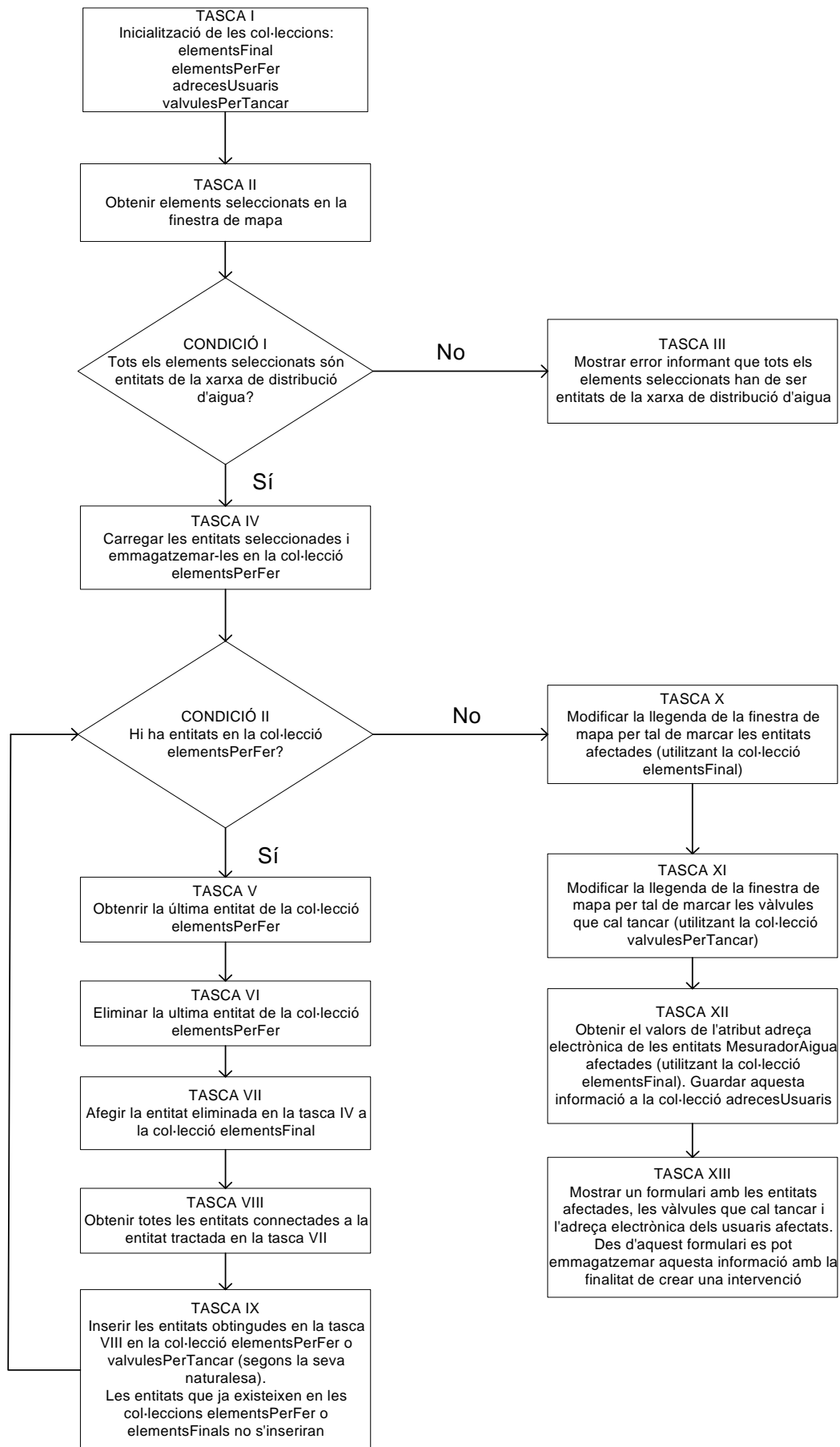


Figura 93 - Algorisme comanda personalitzada

### **6.3 Resultats del treball pràctic**

En els apartats 6.1 i 6.2, s'ha descrit la creació d'un SIG d'una xarxa de distribució d'aigua per al barri de Sant Llàtzer de Vic. Els resultats obtinguts a través del SIG implementat són els següents:

- Representació i georeferenciació (apartat 6.1.1) espacial de la base municipal de Catalunya (apartat 6.1.3.1).
- Georeferenciació de les ortofotografies dels municipis de Vic i Calldetenes dins la base municipal de Catalunya (apartat 6.1.3.2).
- Creació d'un conjunt de magatzems per a mantenir les dades separades en funció de la seva semàntica. Aquesta filosofia permet un manteniment i gestió més eficients (apartat 6.1.2 i apartat 6.2.4).
- Representació del barri de Sant Llàtzer de Vic mitjançant la inserció d'entitats (apartat 6.1.4).
- Configuració del SIG per a la correcta visualització de les diferents entitats (apartat 6.1.5).
- Implementació en el SIG del model conceptual de la xarxa de distribució d'aigua del barri de Sant Llàtzer de Vic (apartat 6.2.2).
- Representació de la xarxa de distribució d'aigua del barri de Sant Llàtzer de Vic (apartat 6.2.5).
- Desenvolupament d'un conjunt de consultes que poden ser útils per a l'empresa que gestiona la xarxa de distribució d'aigua (apartat 6.2.7).
- Desenvolupament d'una comanda personalitzada amb `Geomedia Public Works`. La comanda creada pot ser útil per a la gestió d'averies (apartat 6.2.10).

Tant les geometries com les connexions de les diferents entitats que formen el SIG han estat validades des del punt de vista físic i semàntic (apartat 6.2.6).

Finalment, com a valor afegit, s'han realitzat tasques de dimensionament i traçat mitjançant les comandes que ofereix `Geomedia Public Works` (apartat 6.2.8 i apartat 6.2.9).

## 7 Valoració econòmica

En aquest apartat es fa una valoració econòmica de la implementació d'un SIG d'una xarxa de distribució d'aigua per a tot el municipi de Vic. Aquest SIG s'enllaçarà amb l'ERP (Enterprise Resource Planning) de la companyia d'aigua que ha encarregat el projecte.

A continuació es detallen els recursos que cal utilitzar per a la implementació i integració del SIG:

- **Llicència Geomedia Professional 5.2**  
Eina bàsica per a la implementació del SIG.
- **Llicència Geomedia Public Works**  
Component d'extensió per a la implementació del SIG.
- **SGBD Oracle 9i**  
Els magatzems que utilitzi el SIG estaran implementats amb Oracle 9i, ja que hi haurà una gran quantitat de dades i es faran consultes massives. En aquest cas, la companyia d'aigua ja disposa d'aquest SGBD.
- **Cap de projecte**  
L'empresa contractada assigna un cap de projecte per a la gestió del projecte.
- **Consultor especialització**  
Cal un especialista que assessori a l'hora de fer el disseny de la xarxa d'aigua. Aquest consultor té amplis coneixements sobre com dissenyar una xarxa de distribució d'aigua.
- **Consultor ERP**  
El SIG s'enllaçarà a l'ERP, per tant cal que algú que conegui l'ERP a fons ajudi a fer aquest enllaç. Aquest recurs pertany a la companyia.
- **Analista/Programador**  
Serà l'encarregat d'implementar el SIG. Aquest recurs es valdrà dels consultors per a la realització de les diferents tasques assignades pel cap de projecte.
- **PC's de treball**  
La companyia comprarà 2 ordinadors de sobretaula per a treballar amb el SIG.
- **Ampliació de Servidor**  
La companyia ampliarà un dels seus servidors perquè aquest sigui capaç de suportar les noves peticions que es faran a través del SIG.

La taula de la figura 94 mostra els recursos i els imports [52] de la implementació d'aquest SIG.

Recursos implementació/integració	Hores / Unitats	Import	Total
Llicència Geomedia Professional 5.2	2	12.000 €	24.000 €
Llicència Geomedia Public Works	2	6.400 €	12.800 €
SGBD Oracle 9i.	1	0 €	0 €
Cap de projecte	80	70 €	5.600 €
Consultor especialització	20	80 €	1.600 €
Consultor ERP	20	0 €	0 €
Analista/Programador	160	50 €	8.000 €
PCs de treball (Windows XP inclòs)	4	1.000 €	4.000 €
Ampliació servidor	1	2.000 €	2.000 €
<b>Total recursos per a implementació/integració</b>			<b>58.000 €</b>

Figura 94 - Valoració econòmica

## 8 Possibles línies de continuació

A partir del SIG creat es poden realitzar el següent grup de tasques per a oferir un conjunt de funcionalitats addicional:

- Ampliar la xarxa de distribució d'aigua.  
Aquesta ampliació es pot realitzar en dos sentits diferents:
  - Dissenyar la xarxa de distribució d'aigua per a tot un municipi.
  - Enriquir el model conceptual, és a dir, afegir més entitats, més relacions entre entitats i més atributs. D'aquesta forma es podrà reflectir de forma més exacta la realitat.
- Migrar la base de dades `Access` a un SGBD més potent, per exemple `Oracle 9i`. D'aquesta forma, el SIG podrà ampliar-se i suportar consultes complexes i concurrents (apartat 6.1.2).
- Crear noves comandes personalitzades per a satisfer requeriments específics del SIG. Per exemple, una comanda que realitzi els càlculs per a determinar la quantitat màxima de ramals que pot tenir una canonada principal.
- Ampliar l'aplicació per a la gestió d'avaries implementada en el SIG. Pot ser molt interessant que les dades generades per la comanda enllacin amb una aplicació de gestió d'avaries implementada en un ERP.
- Implementació d'aplicacions per a dispositius mòbils. Per exemple, els tècnics encarregats del manteniment de la xarxa de distribució d'aigua poden fer ús de PDA's i dispositius GPS per a ubicar punts d'avaría o de reparació.  
La versió 6 de `Geomedia Professional` facilita el desenvolupament d'aplicacions per a aquest tipus de dispositius.
- Des d'un punt de vista molt més ampli, es poden enllaçar les dades del SIG a un ERP. Aquest tipus d'integració és el que realitzen la majoria de grans i mitjanes empreses de subministrament d'aigua.



## 9 Conclusions

De la realització d'aquest Projecte Final de Carrera se'n poden extreure les següents conclusions:

- Tot SIG es basa en un conjunt de principis científics, no només derivats de la informàtica, sinó també de la cartografia i la geodèsia. Així doncs, un SIG es podria entendre com l'aplicació de tècniques i mètodes cartogràfics i geodèsics mitjançant un sistema informàtic especialitzat.
- En un principi pot semblar que la tecnologia SIG serveix bàsicament per a la representació de terrenys, carreteres i carrers. Amb la realització d'aquest treball i el conseqüent estudi s'ha pogut comprovar que els contextos on es pot aplicar la tecnologia SIG són innumerables (fins i tot a nivell extraplanetari).
- Quan es treballa en un SIG, hom s'adona que aquesta tecnologia es val d'altres. Algunes d'aquestes tecnologies són:
  - GPS  
De gran utilitat per entrar dades georeferenciades en un SIG, així com per representar la posició d'objectes en temps real.
  - Algorismes d'intel·ligència artificial  
En un SIG de carreteres per exemple, es pot determinar el camí més curt per arribar a una destinació. Per aconseguir aquest objectiu cal utilitzar algorismes d'intel·ligència artificial.
  - SGBD's  
Alguns SIG permeten emmagatzemar les dades en SGBD's. A més, aprofiten la potència d'aquests SGBD's per a fer consultes sobre les dades del SIG. Concretament, Geomedia Professional 5.2 permet treballar en model lectura i escriptura amb SGBD's Oracle, Access i SQL Server.
  - Algorismes gràfics  
La capacitat de representació de les dades està lligada a la qualitat dels algorismes de representació gràfica, sobretot si el SIG suporta dades vectorials.
  - Programació amb API pròpia  
Alguns SIG, entre d'ells l'estudiat en aquest treball, ofereixen una API pròpia per al desenvolupament de comandes i aplicacions relacionades amb el SIG. Aquesta API es pot utilitzar amb llenguatges estàndard com ara Visual C++ i Visual Basic.
  - Enginyeria del software  
El programari SIG estudiat en aquest treball sembla que tendeixi a adoptar el model orientat a objectes. En aquest sentit es parla de classes d'entitat i d'entitats. Si bé Geomedia Professional 5.2 es basa en el model entitat relació, Geomedia Public Works fa que les classes d'entitat tinguin mètodes, rols, atributs, relacions i fins i tot herència (cosa que l'apropa al model orientat a objectes).
- Després d'haver estat treballant en un SIG, es pot concloure que la principal diferència entre aquest i un simple sistema de representació geogràfica per ordinador és que en un SIG la representació geogràfica es fa mitjançant objectes (entitats).

- Les funcionalitats i la potència que un SIG pot oferir estan directament relacionades amb la capacitat de representació d'entitats complexes i les seves relacions. A tall d'exemple, això és el que succeeix amb Geomedia Professional 5.2 i Geomedia Public Works.
- Geomedia Professional 5.2 permet la creació i manteniment de magatzems Access d'una forma ràpida i senzilla. També ofereix la possibilitat d'exportar les dades de diferents formats cap a magatzems Access. Aquest fet simplifica i agilita molt el desenvolupament del SIG.
- Al llarg de la realització del treball, l'autor s'ha trobat amb errors inesperats del programari Geomedia Professional 5.2. Aquest tipus d'errors són errors de programació, els quals Intergraph va corregint a través de la publicació d'actualitzacions del programari.
- Tot i que Geomedia Professional 5.2 ofereix un ampli conjunt d'eines per al tractament d'imatges, ha calgut emprar l'eina MrSid per a la importació de les ortofotografies proporcionades per l'ICC.
- Geomedia Public Works aporta a Geomedia Professional 5.2 la capacitat de representar models més complexos, valent-se en part del model entitat-relació i en part del model orientat a objectes. Una major integració amb aquest últim model permetria millorar la representació de la realitat. En aquest sentit, també aportaria avantatges addicionals aprofitar la potència dels llenguatges orientats a objectes, com ara Visual Basic .Net o bé Java.

## 10 Bibliografia

- [1] National Center for Geographic Information and Analysis of USA, 1990
- [2] National Aeronautics and Space Administration (NASA)
- [3] <http://members.rediff.com/gisindia/def.htm>
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Gis#History\\_of\\_development](http://en.wikipedia.org/wiki/Gis#History_of_development)
- [5] [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_Informaci%C3%B3n\\_Geogr%C3%A1fica](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica)
- [6] <http://www.tecn.upf.es>
- [7] [http://www.seminolecountyfl.gov/it/programming/gis/comp\\_gis.asp](http://www.seminolecountyfl.gov/it/programming/gis/comp_gis.asp)
- [8] Toni Navarrete i Jordi Martín. Assignatura de Fonaments de Cartografia i SIG. UPF.
- [9] [http://www.instop.es/gps/gps\\_que\\_es.htm](http://www.instop.es/gps/gps_que_es.htm)
- [10] <http://sgp.cna.gob.mx/Publico/Diccionarios/Glosario.htm>
- [11] <http://www.rtm.es/sig.htm>
- [12] <http://usuarios.lycos.es/geografia2/twodescphotos.html>
- [13] [http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST\\_Vector.htm#fig8](http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm#fig8)
- [14] [http://www.turismo.uma.es/alumnos/arcinfo/Tema\\_2.html](http://www.turismo.uma.es/alumnos/arcinfo/Tema_2.html) (comparativa)
- [15] <http://www.fao.org/sd/spdirect/gis/chap2.htm>
- [16] <http://www.geocities.com/igncr/pagina2cartografiateorica.htm>
- [17] <http://ca.wikipedia.org/wiki/Cartografia>
- [18] <http://ca.wikipedia.org/wiki/Geod%C3%A8sia>
- [19] <http://www.cohdefor.hn/glosario/fg.shtml>
- [20] <http://www.creaf.uab.es/miramon/publicat/papers/sitges00/calcgeo.htm>
- [21] <http://www.gva.es/icv/glosariovl.htm>
- [22] <http://www.mundogps.com/cartografia/articulos.asp>
- [23] <http://ca.wikipedia.org/wiki/Meridi%C3%A0>
- [24] <http://ca.wikipedia.org/wiki/Longitud>
- [25] <http://ca.wikipedia.org/wiki/Paral%C2%B7lel>
- [26] <http://ca.wikipedia.org/wiki/Latitud>
- [27] Arno Peters. La nueva cartografía. Ed Vicens Vives. Any 1992.
- [28] Melita Kennedy i Steve Kopp. Understanding Map Projections. Ed Gis by ERSI. Any 1994.
- [29] <http://www.xtec.es/~mroman/Projecte/polars.htm>
- [30] <http://www.xtec.es/~mroman/Projecte/coniques.htm>
- [31] <http://www.xtec.es/~mroman/Projecte/cilindriques.htm>
- [32] [http://ca.wikipedia.org/wiki/Projecci%C3%B3\\_%28cartografia%29](http://ca.wikipedia.org/wiki/Projecci%C3%B3_%28cartografia%29)
- [33] <http://www.icc.es/geotex/manuals/egeoutm.html>
- [34] [http://www.igm.cl/Proyeccion\\_utm.html](http://www.igm.cl/Proyeccion_utm.html)
- [35] <http://www.intergraph.com>
- [36] <http://mathworld.wolfram.com/BonneProjection.html>
- [37] [http://ca.wikipedia.org/wiki/Claudi\\_Ptolemeu](http://ca.wikipedia.org/wiki/Claudi_Ptolemeu)
- [38] Manual d'usuari de Geomedia Professional 5.2
- [39] Referència d'objectes de Geomedia Professional 5.2
- [40] Aprenentatge de Geomedia Professional 5.2
- [41] Programació amb Geomedia Professional 5.2
- [42] Model d'objecte de Geomedia Public Works
- [43] Treballant amb Geomedia Public Works
- [44] Treballant amb el model avançant de Geomedia Public Works
- [45] <http://mathworld.wolfram.com/LambertAzimuthalEqual-AreaProjection.html>
- [46] <http://mathworld.wolfram.com/AlbersEqual-AreaConicProjection.html>
- [47] <http://mathworld.wolfram.com/MercatorProjection.html>
- [48] [http://www.tdx.cesca.es/TESIS\\_UPC/AVAILABLE/TDX-0731102-162959/07CAPITOL3.pdf](http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0731102-162959/07CAPITOL3.pdf)
- [49] <http://www.aurensis.com/>
- [50] [http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/1\\_ABASTO/11\\_esquema/i116.htm](http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/1_ABASTO/11_esquema/i116.htm)
- [51] <http://www.sorea.es/webDAS/WDempresaSOREA.nsf/wM.Inicio?OpenFrameset&bd=/webDAS/WDempresaSOREA.nsf/&pagina=-&propia=si&contenido=wF.LinksInteres&idioma=CAT>
- [52] <http://www.myhamilton.ca/NR/rdonlyres/B83BADE9-4D1E-4AE1-9C5C-DB75D8F0C490/0/Dec05PW05145.pdf>
- [53] [http://us.geocities.com/barretpicat/135\\_mapa.htm](http://us.geocities.com/barretpicat/135_mapa.htm)