

0 Llicència (Creative Commons)

Aquest treball està subjecte a una llicència de Reconeixment-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Espanya de Creative Commons (CC BY-NC-SA 3.0). Podeu copiar, distribuir, comunicar públicament l'obra i fer-ne obres derivades sempre que citeu l'autor i l'obra, en feu un ús no comercial i en cas que genereu obres derivades aquestes siguin amb una llicència idèntica a aquesta.

Podeu consultar un resum de la llicència a:

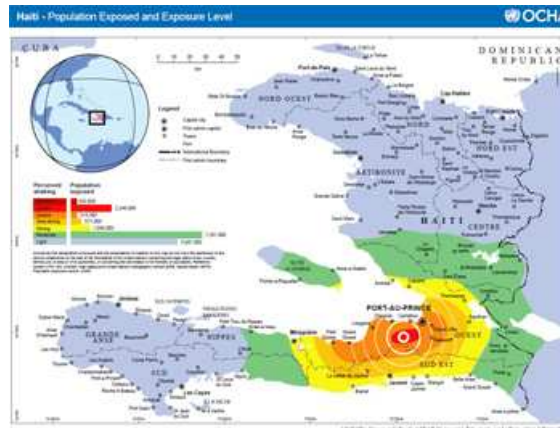
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/deed.ca>

Podeu consultar la llicència sencera a:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/legalcode.ca>

Treball Final de Carrera

SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA



Anàlisi bàsic de rutes òptimes a zones de catàstrofe

MEMÒRIA

Albert Parés Soldevila

UOC ETIG Curs 2010-11 (1r semestre)

Gener 2011

Consultora: Laura Gracia Guardiola

1 Resum

L'objectiu del projecte és desenvolupar un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) d'ús senzill, amb la finalitat de generar cartografia actualitzada de manera gairebé instantània que serveixi de recolzament a l'ajuda internacional desplegada en un país després d'una catàstrofe natural. La cartografia serà d'Haití, com a exemple de zona afectada per un terratrèmol. Amb el SIG els equips d'emergència podran indicar aquelles vies tallades, per poder tenir cartografia actualitzada. Igualment podran indicar un punt origen i un punt destí i el SIG els indicarà la ruta més curta, tenint en compte les carreteres tallades. El programari utilitzat per desenvolupar el projecte és *GeoMedia Professional*, *Microsoft Access* i *Microsoft Visual Studio .NET*. S'ha generat cartografia d'Haití en format vectorial.

2 Índex de continguts

0	Llicència (Creative Commons).....	1
1	Resum	3
2	Índex de continguts.....	4
3	Índex de figures	5
4	Cos de la memòria.....	6
4.1	Introducció.....	6
4.1.1	Descripció i justificació del projecte.....	6
4.1.2	Objectius del TFC.....	7
4.1.3	Enfocament i mètode seguit	7
4.1.4	Planificació del treball i materials	8
4.1.5	Productes obtinguts.....	9
4.1.6	Descripció dels altres capítols de la memòria	10
4.2	Què és un SIG?.....	11
4.2.1	Definició de SIG	11
4.2.2	Evolució històrica	11
4.2.3	Components d'un SIG	12
4.2.4	Tipus de dades que manipula un SIG	14
4.2.5	Funcionalitats d'un SIG.....	16
4.2.6	Aplicacions	16
4.2.7	El GPS aplicat al SIG	17
4.3	Conceptes bàsics de cartografia	18
4.3.1	Conceptes de cartografia	18
4.3.2	Orígens de la cartografia.....	19
4.3.3	Conceptes geodèsics	20
4.3.4	Sistemes de coordenades.....	20
4.3.5	Projeccions cartogràfiques	23
4.3.6	El datum	25
4.4	Estudi de Geomedia Professional 6.1	26
4.4.1	Descripció de <i>Geomedia Professional 6.1</i>	26
4.4.2	Elements bàsics de <i>Geomedia Professional 6.1</i>	26
4.4.3	Anàlisi de dades	29
4.4.4	Captura de dades.....	30
4.4.5	Desenvolupament d'aplicacions	30
4.5	Treball pràctic: creació SIG de càlcul de rutes òptimes en zones de catàstrofe..	31
4.5.1	Dades utilitzades en el treball.....	31
4.5.2	Mòdul actualització de dades de les vies transitables	32
4.5.3	Càlcul de la ruta òptima.....	38
4.6	Possibles línies de continuació.....	48
5	Valoració econòmica.....	49
6	Conclusions	50
7	Glossari	51
8	Bibliografia.....	52
9	Annex 1: plànols model	54
10	Annex 2: codi de l'aplicació.....	57

3 Índex de figures

Il·lustració 1 Components d'un SIG	12
Il·lustració 2 Exemple de mapa simple en format vectorial	15
Il·lustració 3 Exemple de mapa simple en format ràster	15
Il·lustració 4 Atlas Català de la Corona de Catalunya i Aragó, de l'any 1375	20
Il·lustració 5 Mapa Terra mostrant els meridians i els paral·lels, segons la projecció Eckert VI	21
Il·lustració 6 Coordenades cartesianes i Il·lustració 7 Coordenades projectades...	22
Il·lustració 8 Projecció de Mercator i Il·lustració 9 Projecció de Mollweide	23
Il·lustració 10 Projecció de Miller.....	24
Il·lustració 11 Projecció Ortogràfica i Il·lustració 12 Projecció de Robinson	24
Il·lustració 13 Exemple de <i>Geoworkspace</i> : la base de <i>Geomedia Professional</i>	27
Il·lustració 14 Pantalla "Conexiones" on es mostren les connexions als magatzems, permetent visualitzar les propietats, afegir-ne de noves, o eliminar-les.....	27
Il·lustració 15 Visualització dels atributs de l'entitat Jacmel, de la classe entitat Ciutats, i la seva situació en el mapa.	28
Il·lustració 16 Dades generals de la classe d'entitat Ciutats.	28
Il·lustració 17 Exemple de llegenda i la seva visualització en una part del mapa	29
Il·lustració 18: Nou atribut "tallada" a la taula Haiti_all_roads.....	33
Il·lustració 19: definir el filtre de la consulta.....	33
Il·lustració 20: configuració consulta d'atributs	34
Il·lustració 21: definir estil per la consulta.....	34
Il·lustració 22: llegenda	35
Il·lustració 23: selecció tram de via per canviar propietats.....	35
Il·lustració 24: missatge si s'introdueixen valors diferents a 0 o 1 a l'atribut tallada	36
Il·lustració 25: missatge si s'intenta modificar un atribut diferent a tallada	36
Il·lustració 26: el tram de carretera tallat es mostra de color negre	36
Il·lustració 27: mapa d'Haití amb imatge satèl·lit on es mostren les carreteres tallades en negre..	37
Il·lustració 28: mapa d'Haití sense imatge satèl·lit on es mostren les carreteres tallades en negre	37
Il·lustració 29: Utilització de GM Command Wizard 1 i Il·lustració 30: Utilització de GM Command Wizard	39
Il·lustració 31: Utilització de GM Command Wizard 3.....	39
Il·lustració 32: Utilització de GM Command Wizard 4.....	39
Il·lustració 33: Utilització de GM Command Wizard 5.....	40
Il·lustració 34: Utilització de GM Command Wizard 6.....	40
Il·lustració 35: Utilització de GM Command Wizard 7.....	40
Il·lustració 36: Utilització de GM Command Wizard 8.....	40
Il·lustració 37 Part mapa d'Haití convertit en graf	41
Il·lustració 38 Generar geometria de base	42
Il·lustració 39 Nous atributs a Carreteres_segmentades	43
Il·lustració 40 Atributs de la taula Nodes_de_Haiti_all_roads	44
Il·lustració 41 Consulta d'atributs camí més curt	45
Il·lustració 42 Aspecte de l'aplicació "Càlcul de ruta òptima" integrada en el GeoMedia.....	46
Il·lustració 43 Avís falta punt origen.....	47
Il·lustració 44 Avís punt origen incorrecte.....	47
Il·lustració 45 L'aplicació mostra la distància entre els dos punts	47
Il·lustració 46 Visualització del camí més curt sobre el mapa	48
Il·lustració 47 Plànol model: vista general de la ruta més curta	54
Il·lustració 48 Plànol model: detall del punt origen	55
Il·lustració 49 Plànol model: detall de la zona destí	56

4 Cos de la memòria

4.1 Introducció

En aquest capítol es fa una descripció del projecte i les necessitats que justifiquen la seva realització. També es fa un repàs dels objectius del projecte, així com la seva planificació. Finalment s'enumeren els materials necessaris per la seva realització i els productes obtinguts.

4.1.1 Descripció i justificació del projecte

El projecte consisteix en desenvolupar un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) d'ús senzill, amb l'objecte de generar cartografia actualitzada de manera gairebé instantània que serveixi de recolzament a l'ajuda internacional desplegada en un país després d'una catàstrofe natural. Com a exemple s'utilitzarà el terratrèmol d'Haití.

El projecte constarà de les següents parts:

- Obtenció de dades de treball.
- Disseny del plànol-model a obtenir.
- Disseny del formulari d'actualització de dades.
- Disseny de l'aplicació de càlcul de rutes.

Tot i basar-se en cartografia d'Haití i prendre com a exemple el terratrèmol del 2010, el disseny de les parts del projecte haurà de ser genèric de manera que sigui aplicable a altres cartografies i països.

Aquest projecte té com objectiu solucionar la problemàtica que es troben els voluntaris internacionals quan realitzen les primeres intervencions en catàstrofes naturals. Aquesta problemàtica és el desconeixement del territori on ha passat la catàstrofe, ja que no hi han treballat mai i tampoc existeix cap cartografia fiable degut als danys causats per la pròpia calamitat. Amb aquest projecte es pretén facilitar cartografia actualitzada i fiable de la zona de la catàstrofe als equips de salvament. Per poder disposar de les dades més recents amb l'afectació que ha tingut la catàstrofe s'aprofitarà la presència de gent sobre el territori per actualitzar les dades quasi a temps real.

4.1.2 Objectius del TFC

Aquests són els objectius generals i específics del treball:

Objectius Generals

Els objectius generals perseguits amb el present projecte són:

- Conèixer les característiques fonamentals dels SIG.
- Plantejar i resoldre problemes amb component geogràfica a partir de dades genèriques.
- Reconèixer les diferents operacions espacials dels SIG i la seva utilitat.
- Desenvolupar una petita aplicació que permeti la resolució de problemes concrets amb entitats gràfiques.

Objectius Específics

Pel que respecta als objectius específics del projecte, són els següents:

- Conèixer *Geomedia Professional 6.1* i les seves utilitats.
- Aprendre a personalitzar l'entorn de treball.
- Adaptar informació procedent de fonts alienes als SIG per tal que pugui ser tractada en aquest entorn.
- Familiaritzar-se amb els llenguatges de programació que permeten el desenvolupament d'aplicacions en els entorns SIG.

4.1.3 Enfocament i mètode seguit

Aquest treball vol proporcionar una solució per al personal d'emergències desplegat en una zona de catàstrofe natural.

El mètode seguit és l'estudi dels conceptes teòrics dels SIG, cartografia, geodèsia, funcionament de *GeoMedia Professional 6.1* i l'entorn *Visual Studio* de *Microsoft*. Basant-se en aquest estudi, la part pràctica consisteix a desenvolupar una petita aplicació que permetrà als equips d'emergència desplegats en una zona de catàstrofe (en aquest cas pràctic, Haití) disposar de cartografia actualitzada. Els propis equips d'emergència podran indicar vies (carreteres, carrers, camins, etc.) tallades, actualitzant els mapes pràcticament a temps real. Amb aquesta cartografia actualitzada l'aplicació proporcionarà els càlcul de la ruta més curta entre dos punts especificats pels equips d'emergència.

4.1.4 Planificació del treball i materials

A continuació es descriuen les tasques que s'han hagut de realitzar per desenvolupar el projecte:

- Lectura del Pla Docent i de l'enunciat del TFC
- Trobada amb la consultora
- Definició del pla de treball
- Recerca d'informació sobre SIG i cartografia
- Introducció i funcionament de *Geomedia Professional 6.1*
- Posada a punt *Visual Basic .NET*
- Plantejament del projecte
- Disseny de l'aplicació i implementació
- Redacció de la memòria
- Fer presentació en vídeo
- Debat virtual

Fites

D'altra banda destacar que el TFC ha estat dividit en quatre fites. Aquestes fites han permès fer un seguiment del projecte per detectar el compliment de terminis i d'objectius.

Les fites són les següents:

Fita	Descripció	Tipus document	Data
PAC 1	Pla de treball	Esborrany Lliurament	3-10-2010 5-10-2010
PAC 2	Informació sobre els SIG i cartografia. Funcionament <i>Geomedia Professional 6.1</i> . (fins el punt 4.4 de la memòria, fins la tasca plantejament del projecte)	Esborrany Lliurament	5-11-2010 12-11-2010
PAC 3	Creació de l'aplicació de càlcul de rutes òptimes i el mòdul d'actualització de les vies transitables.	Esborrany Lliurament	10-12-2010 17-12-2010
Lliurament final	Memòria completa, codi font i presentació (vídeo)	Esborrany Lliurament	9-1-2011 17-1-2011

Cal destacar que els diferents terminis de lliurament s'han complert però en el cas de la PAC 3 no en el seu contingut previst. En aquesta PAC estava previst lliurar l'aplicació de cerca de rutes òptimes en funcionament i no va ser possible per dos motius. El primer van ser les dificultats per instal·lar les biblioteques pròpies del *GeoMedia* en el *Visual*

Basic.NET (VB.NET), mitjançant el *GeoMedia Command Wizard*. Aquestes biblioteques que permeten l'accés des del VB.NET a les dades del *GeoWorkspace* de *GeoMedia* no es van instal·lar correctament amb l'assistent i es van haver de registrar manualment. El segon va ser la dificultat trobada en la programació de la comanda del camí més curt a causa del desconeixement previ sobre *GeoMedia* i la poca documentació disponible sobre aplicacions VB.NET que enllacin amb *GeoMedia*. Això va fer que la tasca "Disseny de l'aplicació i implementació" durés tres vegades més del temps estimat inicialment.

Material

El material necessari per a la realització del projecte ha estat el següent:

Maquinari: punt de treball estàndard que compleixi els requisits de la UOC.

Programari:

- *Microsoft Word 2003*: processador de textos per crear els documents
- *Microsoft Project 2003*: per fer els diagrames de Gantt per poder fer un seguiment del projecte.
- *PDF Creator*: per convertir documents .doc a .pdf
- *Geomedia Professional 6.1*: el SIG que s'ha utilitzat. És la base amb la qual es realitza el projecte cartogràfic. És de l'empresa *Intergraph*.
- *Visual Studio .NET 2005*: l'entorn de desenvolupament que permet el desenvolupament d'aplicacions amb Visual Basic .NET, el llenguatge de programació utilitzat per crear l'aplicació del camí més curt.
- *Microsoft Access 2003*: la base de dades utilitzada per fer de repositori de la cartografia creada amb *GeoMedia*.
- *Camtasia Studio*: programari de gravació de la pantalla de l'ordinador i edició de vídeo. S'utilitza per fer el vídeo de presentació. És de l'empresa *TechSmith*.
- *Windows Vista*: per utilitzar el programari descrit anteriorment és necessari un sistema operatiu *Windows*.

4.1.5 Productes obtinguts

Al final del desenvolupament d'aquest TFC s'obtenen els següents documents:

- La present memòria. En aquest document es presenten els conceptes bàsics necessaris per entendre els SIG i es detalla el treball efectuat durant la realització de l'aplicació requerida per solucionar el problema presentat en el enunciat.
- Manual d'instal·lació i funcionament de l'aplicació de cerca de rutes més curtes.

- Cartografia i aplicació. Dins del *GeoMedia* hi haurà carregada la cartografia d'Haití. A partir d'aquesta cartografia es podrà actualitzar l'estat de les carreteres per indicar si estan tallades o són transitables. L'actualització es fa a través d'una consulta feta en el propi *GeoMedia*. D'altra banda hi haurà una comanda generada amb *Visual Basic .NET* programada específicament per *GeoMedia* que cercarà el camí més curt entre dos punts, tenint en compte les vies tallades.
- Presentació en vídeo explicant els principals continguts del treball.

4.1.6 Descripció dels altres capítols de la memòria

A continuació es descriuen de forma breu els principals capítols de la memòria:

4.2 Què és un SIG?

En aquest apartat es fa una introducció al concepte de SIG, la seva definició, l'evolució històrica, components, el tipus de dades que manipula, aplicacions i, finalment, es realitza una introducció del sistema global de posicionament (més conegut com a GPS, *Global Positioning System*) aplicat als SIG. Igualment s'explicarà la diferència entre un SIG, el disseny assistit per ordinador (més conegut per les seves sigles en anglès: CAD, *Computer-Aided Design*) i una base de dades.

4.3 Conceptes bàsics de cartografia

En aquest apartat es fa una introducció als conceptes bàsics de cartografia i geodèsia necessaris per tal de poder utilitzar un SIG.

4.4 Estudi de *GeoMedia Professional 6.1*

En aquest apartat es fa una breu introducció al programari *Geomedia Professional 6.1*. Es fa una descripció de les característiques i els elements més importants.

4.5 Treball pràctic: creació del SIG de càlcul de rutes òptimes en zones de catàstrofe.

Aquest capítol descriu la part més pràctica del TFC, resolent el problema especificat per l'anàlisi bàsic de rutes òptimes en zones de catàstrofe. Està dividit en dues parts: la primera descriu com s'ha implementat la funcionalitat per indicar si una via és transitable o per contra està tallada a causa dels afectes de la catàstrofe. La segona explica el desenvolupament per calcular la ruta òptima (la més curta) i una alternativa entre dos punts, tenint en compte les vies que estan transitables.

4.2 Què és un SIG?

4.2.1 Definició de SIG

Un sistema d'informació geogràfica (SIG), també conegut per les seves sigles en anglès (GIS), és un sistema de maquinari, programari, dades, persones, organitzacions i convenis institucionals per a la recopilació, emmagatzematge, anàlisi i distribució d'informació de territoris de la Terra. Els SIG són la suma de la informació geogràfica, que és informació sobre un element a la superfície de la Terra, i els sistemes d'informació, que són un equip informàtic o de telecomunicacions o sistema interconnectat que s'utilitza per a l'adquisició, emmagatzematge, manipulació, gestió, moviment, control, representació, intercanvi, transmissió o recepció de veu o dades, que inclou programari i maquinari. [B1]

Un vertader SIG permet fer una potent anàlisi espacial i mostrar cartografia de bases de dades espacials. En resum, un SIG és un sistema basat en sistemes informàtics que permet adquirir, emmagatzemar, analitzar i mostrar dades referenciades geogràficament. [B2]

4.2.2 Evolució històrica

Els SIG es van començar a desenvolupar a la dècada del 60 del segle XX. Tot i això els primers estudis espacials es remunten els segle XIX, i els orígens de la cartografia encara més segles enrere. [B1]

El que es considera el primer SIG va ser creat a mitjans anys seixanta per Roger Tomlinson. Aquest SIG era el *Canada Geographic Information System (CGIS)* ideat per l'inventari de recursos naturals. Va ser creat com un sistema de mesurament de mapes computat.[B1]

En la mateixa dècada la Universitat de Harvard va crear el primer Laboratori de Gràfics Informatitzats i Anàlisi Espacial de la mà de Howard Fischer. L'any 1969 dos estudiants de la universitat van crear l'empresa ESRI, encara molt important en l'actualitat. [B1]

Durant la dècada dels setanta el Laboratori de Harvard manté la importància en el desenvolupament i investigació en el camp dels SIG. El Laboratori de Harvard va ser el creador del primer paquet de mapes informàtic comercial (SYMAP). El 1972 es va llançar el Landsat 1, el primer satèl·lit de teledetecció de la superfície terrestre. Igualment destacable és la posada en òrbita l'any 1978 del primer satèl·lit GPS (*Global Positioning System*). [B1, B2]

Durant la dècada dels vuitanta és quan comença realment el desplegament i comercialització dels SIG. La principal causa és la disminució del preu dels ordinadors que fa que s'ampliï el mercat per la indústria del programari. Els primers clients de productes SIG van ser empreses forestals i agències de recursos naturals. Els beneficis de la gestió i presa de decisions utilitzant les eines SIG eren superiors als elevats costos d'implantació del sistema. Paral·lelament al desenvolupament del programari SIG progressa de forma significativa els sistemes de posicionament i de navegació per satèl·lit, apareixen els primers sistemes de navegació terrestre i la tecnologia, fins el moment només disponible en el camp militar, arriba en l'àmbit civil. [B1]

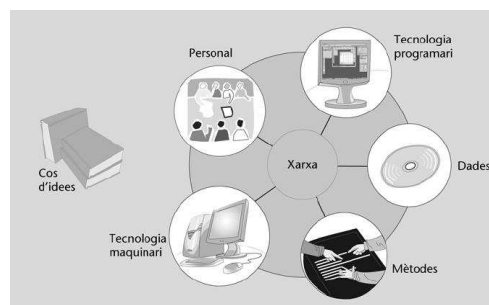
Durant els anys noranta el programari SIG segueix evolucionant i augmentant el nivell de negoci amb distribuïdors de programari. L'any 1994 es crea l'*Open Geospatial Consortium* (OGC), que és una organització internacional no lucrativa que lidera el desenvolupament d'estàndards en els serveis geoespacionals i de localització. [B1]

A partir de l'any 2000 i fins l'actualitat s'ha caracteritzat per ser una dècada de fort desenvolupament de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) amb la generalització en l'ús d'Internet, les tecnologies mòbils i els sistemes de posicionament. Aquesta forta expansió de les TIC provoca també un major ús del programari SIG, i un augment de dades cartogràfiques i els serveis basats en la localització. El 2004 es crea, per iniciativa de la Unió Europea, el projecte INSPIRE l'objectiu del qual és aconseguir que estigui disponible la informació geogràfica rellevant, harmonitzada i de qualitat. [B1]

Aquest desenvolupament de les TIC també ha facilitat l'obtenció de dades geogràfiques de qualsevol país via Internet, en molts casos de forma gratuïta. Diverses organitzacions faciliten gratuïtament dades cartogràfiques, en especial de països que han patit algun desastre natural, com és el cas d'Haití. Gràcies a aquest fet es pot desenvolupar aquest projecte de "Anàlisi bàsic de rutes òptimes en zones de catàstrofe" amb cartografia d'Haití, tota obtinguda a través de recursos gratuïts d'Internet.

4.2.3 Components d'un SIG

Un SIG està format per un conjunt de components: tecnològics (programari i maquinari), dades, mètodes, personal qualificat, idees i xarxa, tal com es pot veure a la il·lustració 1.



Il·lustració 1 Components d'un SIG (font B1)

Tecnologia (programari i maquinari): La tecnologia és el component del SIG format per el maquinari i el programari. El **maquinari** és la plataforma informàtica que ens permet executar el programari, emmagatzemar les dades i mitjançant els perifèrics d'entrada i sortida introduir i treure informació (exemple: escaneig i digitalització de mapes i posterior impressió una vegada tractats informàticament). [B1]

El **programari SIG** serveix per accedir, presentar, analitzar i sintetitzar les dades emmagatzemades a la base de dades, en funció dels seus atributs espacials i també no espacials. [B1]

Els principals programes que es troben al mercat són:

Eines per manipular informació geogràfica: serveixen per adquirir i manipular correctament informació de caràcter espacial.

Sistemes gestors de bases de dades: fan de magatzem de la informació del sistema. Oracle, Microsoft SQL Server, Microsoft Access, PostgreSQL o Firebird en són alguns exemples.

Sistemes per a la presentació de dades: permeten mostrar les dades obtingudes en uns formats determinats.

Interfícies gràfiques: permeten visualitzar les dades en format gràfic.

La majoria de SIG disponibles, com *GeoMedia*, en el mercat engloben la primera i les dues últimes funcionalitats.

Dades: Els principals components del SIG relacionat amb les dades són els d'entrada de dades, les bases de dades espacials i no espacials i els sistemes de control de qualitat.

Justament el fet que les bases de dades d'un SIG continguin informació espacial i no espacial (temàtica) el fa singular. La majoria de sistemes d'informació contenen dades només temàtiques (per exemple, en el cas d'una entitat bancària, el seu sistema contindrà informació només temàtica: noms, adreces, números de documents, números de compte, imports, etc.) en canvi un SIG, a més de tenir informació temàtica, també té dades per a la localització i delimitació dels diferents objectes geogràfics.

En aquest punt també cal destacar que la base de dades amb informació espacial és una part del SIG però en cap cas es pot considerar un SIG per ella sola. Per veure'n els motius cal veure la definició de sistema gestor de base de dades (SGBD) i de base de dades espacial:

Una base de dades és una sèrie de dades interrelacionades emmagatzemades en un disc dur o qualsevol altre dispositiu d'emmagatzematge. Aquests dades són persistents i poden contenir un gran volum d'informació, a diferència de la informació que manipula un programa que desapareix tan bon punt el programa finalitza.

Una base dades espacial conté dades geogràfiques, que són la representació digital d'entitats, objectes o fenòmens que esdevenen sobre la superfície de la Terra o a prop d'aquesta.

Un SGBD és una col·lecció de programari que manipula (gestiona) l'estructura de la base de dades i controla l'accés a les dades emmagatzemades a la base de dades. El fet que un SGBD pugui tractar grans volums d'informació és una propietat molt important per un SIG. Ara bé, **un SGBD encara que estigui dissenyat per treballar amb informació espacial no es considera un SIG perquè pràcticament no té cap funcionalitat gràfica.** [B3, B1]

D'altra banda també cal no confondre un fitxer o sistema CAD (*Computer Aided Design*, Disseny Assistit per Ordinador) amb un SIG. **Un CAD** permet la modelització d'entitats com edificis o circuits elèctrics però no permet la modelització de la geografia, és a dir **no té capacitat de processar dades geogràfiques com té un SIG.** Tot i això els sistemes CAD a part de ser utilitzats per dissenyadors, delineants, arquitectes i enginyers també ho són per geògrafs i cartògrafs per dibuixar mapes. Ara bé, els mapes i dades gràfiques generades pels CAD es poden importar des d'un SIG per tal de poder fer una anàlisi geogràfica, tot i això cal destacar que els CAD en cap cas aporten contingut a la base de dades. [B1]

Mètodes: Els mètodes són procediments independents o normes per realitzar diferents tasques relacionades amb el disseny, creació i funcionament dels SIG. [B1]

Personal qualificat: Un SIG només té sentit en el context d'una organització. L'organització està formada, entre altres components, per personal. Un aspecte clau és disposar de personal qualificat per treballar amb les eines d'un SIG. [B1]

Idees: Les idees són el conjunt de coneixements que fan progressar i desenvolupar l'ús dels SIG. [B1]

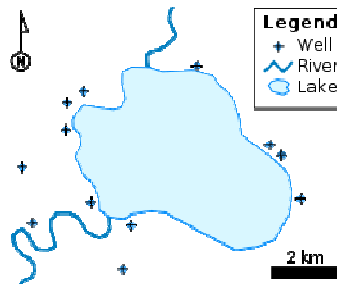
Xarxa: La xarxa es considera recentment un component fonamental dels SIG, ja que permet la comunicació i compartir informació de manera ràpida i eficaç. [B1]

4.2.4 Tipus de dades que manipula un SIG

Vectorial i ràster són els dos tipus d'estructures de dades espacials majoritaris. Les dades vectorials estan basades en la geometria d'Euclides, geometria amb punts, línies i polígons. Aquests objectes tenen zero, una o dues dimensions, respectivament. Les dades ràster consisteixen només en un tipus d'objecte espacial: les cel·les. [B2, B1]

Tipus de dades vectorials

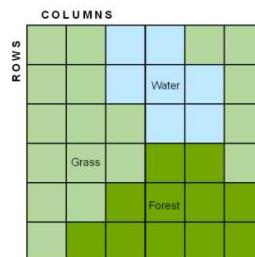
En un SIG vectorial les dades primitives espacials són punts, línies i polígons localitzats mitjançant el sistema de coordenades cartesianes (parell de coordenades XY) en un sistema de referència espacial. Un exemple de mapa amb dades vectorials és la il·lustració 2, que mostra geometries de punts (*Well*), línies (*River*) i polígons (*Lake*). [B2]



Il·lustració 2 Exemple de mapa simple en format vectorial (font: Wikipedia)

Tipus de dades ràster

Les dades ràster són matrius de cel·les sense una associació explícita amb les coordenades XY, a excepció d'una cel·la situada a una de les seves cantonades (normalment la situada al sud-oest). Una cel·la és fàcilment identificable amb el número de fila i columna. Igualment amb el sistema de coordenades XY és possible accedir-hi. En estructures ràster simples hi ha un relació d'un a un en el valor de la dada (píxel) i la localització. Un exemple de mapa amb dades vectorials és la il·lustració 3. [B2]



Il·lustració 3 Exemple de mapa simple en format ràster (font: www.co.dakota.mn.us)

Avantatges i desavantatges entre vectorial i ràster

- Les dades vectorials ocupen menys espai que les dades ràster.
- L'estructura de dades ràster és més simple que la vectorial.
- Les dades vectorials són molt eficients en la codificació de la topologia i en les operacions espacials.
- Les dades vectorials tenen una major compatibilitat amb bases de dades.
- Les dades vectorials permeten una major capacitat d'anàlisi, especialment en xarxes. Aquest és el cas de determinar la ruta més curta entre dos punts.
- En ràster les superposicions són molt senzilles.

- En ràster l'emmagatzemament d'imatges digitals és òptim.

Totes les capes (carreteres, ciutats, etc.) de la cartografia d'Haití utilitzades al *GeoMedia* són vectorials a excepció de la imatge satèl·lit de fons que és ràster.

4.2.5 Funcionalitats d'un SIG

Els programes SIG tenen una sèrie de funcions dissenyades per a la gestió d'informació geogràfica com són l'entrada de dades (que comprèn la creació de noves dades o el pas d'informació analògica a format digital), l'emmagatzemament, la recuperació, l'anàlisi i la consulta de dades (per a la creació de bases de dades, topologia, consultes gràfiques, alfanumèriques, combinacions, superposició de plànols i informació) i, finalment, les sortides de dades (impressió d'informes, graficació de plànols, publicació en diversos formats electrònics). [B1]

4.2.6 Aplicacions

Els SIG tenen aplicacions en una gran varietat d'àmbits: administracions públiques, cadastre i planificació, organitzacions no governamentals (ONG), empreses de serveis públics, transport, medi ambient i agricultura.

En l'àmbit de l'administració pública els SIG són utilitzats per diverses funcions. Exemples són el cadastre, la planificació territorial, la monitorització dels riscos de salut pública, el seguiment de la delinqüència, la planificació de transports, el inventariat de recursos, la distribució de serveis sanitaris i educatius, etc.

En l'àmbit de les ONG l'ús dels SIG és encara minoritària però poden ajudar a dur a terme la planificació, gestió i avaluació d'activitats que desenvolupen aquestes organitzacions.

On els SIG sí que tenen una forta implantació és en les empreses de serveis públics com són les companyies de gas, aigua, telecomunicacions i electricitat. Aquestes companyies tenen xarxes de centenars o milers de km de canonades o línies que donen servei a milions de clients. Un SIG és una gran ajuda per el manteniment, control i ampliació d'aquestes xarxes.

L'àmbit del transport és una altra àrea on en els darrers anys els SIG han pres una gran importància. A les empreses operadores de transport públic (autobús, tren, metro i tramvia) els permet controlar i informar-se en tot moment d'on es troben els seus vehicles, quan arribaran a una determinada parada, si hi ha hagut alguna incidència, etc. Igualment aquesta informació arriba directament als passatgers mitjançant els panells electrònics

situat en parades i estacions on s'informa dels minuts d'espera per el proper metro, bus o tramvia. De la mateixa manera tota aquesta informació pot ajudar als operadors o les autoritats del transport públic a modificar o ampliar recorreguts. Pel què fa en l'àmbit del transport privat els serveis de trànsit els és útils emmagatzemar informació del volum de vehicles que circulen per cada via, controlar l'estat de les carreteres, inventariar la localització de senyals, analitzar les dades d'accidents, etc.

El medi ambient va ser un dels primers àmbits on es van utilitzar els SIG. Es fan servir per valorar impactes ambientals i en la gestió forestal, entre altres usos.

Pel que fa a l'agricultura s'utilitzen els SIG per planejar cultius, analitzar els camps i planificar aplicacions eficients de fertilitzants i químics. [B1]

Finalment cal destacar un àmbit on els SIG han agafat un gran rellevància en els darrers anys. És el cas de la utilització dels SIG per parts d'equips d'emergència desplegats en zones on hi ha hagut un desastre natural. Els SIG permeten al personal d'emergència visualitzar les zones afectades, ja sigui gràcies a imatges aèries o de satèl·lit actualitzades o per l'actualització de la cartografia directament pel personal que està treballant sobre el terreny. Aquestes eines faciliten dades útils per els equips d'emergència com és la ruta més curta entre dos punts, una ruta alternativa, etc. Al llarg d'aquesta memòria es podrà veure com es poden desenvolupar i usar eines d'aquestes característiques.

4.2.7 El GPS aplicat al SIG

El *Navigator System with Timing and Ranging Global Positioning System* (NAVSTAR GPS, més conegut per l'abreviació GPS) és un sistema de posicionament global i sistema de navegació amb sincronització i mesura de distància. És un sistema basat en 24 satèl·lits operatius que va ser dissenyat, finançat i és controlat pel Departament de Defensa dels Estats Units. A part del GPS només hi ha un altre GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*, sistema global de posicionament per satèl·lit) operatiu en l'actualitat que és el GLONASS (*GLObal'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*) que va ser iniciat per l'antiga URSS i actualment és operat per Rússia. El GLONASS està format per 21 satèl·lits operatius i des de l'any 2007 està totalment disponible per a ús civil. De totes maneres la seva implantació és molt discreta en comparació al GPS. Cal destacar que la Unió Europea té en marxa el desplegament d'un GNSS, anomenat Galileo, que comptarà amb 27 satèl·lits operatius. Galileo serà més precís que el GPS i el GLONASS i és previst que estigui totalment operatiu l'any 2013. [B1,B2]

El GPS ha esdevingut una eina de gran ajuda en els SIG. La tècnica de posicionament GPS permet capturar dades pels SIG. El GPS és ideal per determinar coordenades (latitud, longitud i altura) de punts d'interès (georeferenciació) i així obtenir dades pels

SIG. Tot i això cal tenir presents les limitacions del GPS civil, que pot tenir un marge d'error en l'exactitud del mesurament de les dades d'entre 2,5 i 15 metres. [B1,B2]

La utilització de dispositius GPS en zones de catàstrofe pot resultar molt útil per determinar coordenades d'afectacions (talls de carreteres, edificis ensorrats, etc.) per després poder tractar aquesta informació amb un SIG i poder proporcionar mapes actualitzats al personal desplegat a la zona de la catàstrofe.

4.3 Conceptes bàsics de cartografia

En aquest apartat es fa una introducció als conceptes bàsics de cartografia i geodèsia necessaris per tal de poder utilitzar un SIG.

4.3.1 Conceptes de cartografia

La cartografia és l'art, la ciència i la tècnica del disseny, producció i utilització de representacions que transmeten informació espacial mitjançant un sistema geomètric de símbols gràfics. Simplificant es pot definir cartografia com l'art de traçar mapes o cartes geogràfiques. Els mapes són una representació plana, a escala, generalitzada i explicativa de les manifestacions de la Terra o de l'Univers, o dit d'una manera els mapes són la representació del món real reduït a punts, línies i polígons mitjançant l'ús de símbols gràfics. [B1]

En cada un d'aquests mapes la representació dels diferents elements es fa mitjançant símbols, l'equivalència dels quals es dona en una llegenda, i la relació de dimensions (proporció) és donada per l'escala. Molt sovint l'objecte representat és tridimensional (la superfície de la Terra) i la seva equivalència sobre un pla en dues dimensions es fa des del s XVI per procediments matemàtics mitjançant una projecció. Els darrers anys, els avenços més significatius en la cartografia s'han produït gràcies a la utilització massiva de les noves tecnologies, tant pel que fa a la informació com a la confecció cartogràfica. Així, l'ajuda dels sensors remots (imatges des de satèl·lits, fotografia aèria, etc), dels sistemes d'informació geogràfica (SIG) i la utilització, en general, d'ordinadors i perifèrics com a instruments per a assistir a la cartografia, han donat lloc a l'obtenció de productes cartogràfics de molta més qualitat. [BW1]

El procés de realització cartogràfica consta bàsicament de tres etapes: obtenció de dades, dibuix del mapa i reproducció. En la cartografia tradicional, les dades eren obtingudes directament sobre el terreny, la realització del mapa era feta manualment i per a la reproducció s'empraven les tècniques de gravat de l'època. El desenvolupament paral·lel dels procediments emprats en les tres etapes de producció cartogràfica ha conduït a l'actual cartografia automàtica, caracteritzada per la utilització dels mitjans informàtics i la desaparició, gairebé total, del dibuix manual.

En la cartografia automàtica, la recollida de dades és obtinguda mitjançant la fotografia aèria o la taquimetria electrònica. Les fases posteriors són: generació, mitjançant una traçadora (plòter), d'un primer dibuix a partir del fitxer; correcció, per comprovació directa sobre el terreny, d'aquest primer dibuix; incorporació de les esmenes en el fitxer de dades (edició digital) i, finalment, confecció, mitjançant una traçadora d'alta qualitat, del dibuix o del fotolit definitius. Posteriorment es superposa sobre aquesta base la toponímia i la simbologia que ha de palesar la informació concreta acumulada en el mapa.

Les diferents informacions que hom pot furnir amb un mapa permeten de distingir, fonamentalment, entre la cartografia topogràfica i la cartografia temàtica. L'objecte de la primera és la representació exacta i detallada de la superfície d'un terreny; parteix de la informació proporcionada per la topografia, la fotografia aèria o la imatge satel·litària i emprà les tècniques de la fotogrametria, l'ortofotogrametria, i la teledetecció, essent-ne el resultat un mapa o un ortofotomapa. La cartografia temàtica és una representació, damunt un fons de referència i mitjançant símbols, de fenòmens localitzats de qualsevol naturalesa i de les seves correlacions. Cada dia és més extensa la utilització de la cartografia, tant en els camps professionals (arquitectura, geografia, enginyeria, etc) com en la vida diària (mapes turístics, meteorològics, de carreteres, etc). En el camp de la geografia la cartografia té multitud d'aplicacions pràctiques, una d'elles és poder proporcionar cartografia actualitzada en zones de catàstrofe, com és el cas d'Haití [BW1]

4.3.2 Orígens de la cartografia

La confecció de mapes és anterior al coneixement de l'escriptura. Una de les mostres més antigues conegudes són un placa d'argila, que representa la vall del riu Eufrates, trobada a Mesopotàmia (actual Iraq) que té una antiguitat d'uns 5.000 anys. 50 segles aC ja van fer mapes els egipcis, el babilònics, els assiris i els xinesos. Tot i això les primeres representacions cartogràfiques s'atribueixen als grecs, que ja consideraven que la Terra té forma esfèrica. Cal destacar el filòsof grec Eratòstenes que l'any 228 aC va calcular el perímetre de la Terra amb un error de només l'1%. En canvi durant l'època romana i l'Edat Mitjana les representacions cartogràfiques perden precisió, influenciades pel sentit religiós de l'època. Un exemple clar és que es passa de la concepció de la Terra com una forma esfèrica dels grecs a una plataforma circular dels romans i de l'Edat Mitjana.

A partir del segle XIII la cartografia torna a progressar amb l'inici de la utilització de la brúixola i l'aparició de les primers cartes nàutiques. L'any 1375 els germans cartògrafs mallorquins Cresques elaboren l'Atlas Català (il·lustració 4), considerat un dels portalans més perfectes de la seva època. Els portalans eren descripcions de la costa, amb indicacions del rumb a seguir per la nau i les distàncies entre dos punts determinats. Al segle XVI hi ha un modernització del mapes i torn al concepció esfèrica de la Terra. La invenció de la impremta i el gravat impulsà la cartografia. Igualment aquest segle van

aparèixer els primers mapes de tot el món gràcies al viatges de Colom i altres descobridors. Una altra fita cabdal de la cartografia és la projecció cilíndrica de la Terra que va fer Gerardus Mercator de Flandes el 1580. Aquesta projecció encara s'utilitza àmpliament en l'actualitat i és coneguda com a Mercator.



Il·lustració 4 Atlas Català de la Corona de Catalunya i Aragó, de l'any 1375 (font: Viquipèdia)

Al segle XX la cartografia experimenta importants innovacions tècniques: fotografia aèria durant la primer meitat de segle i satèl·lits durant la darrera meitat. [B1]

4.3.3 Conceptes geodèsics

La geodèsia és al ciència que estudia la figura, les dimensions i el camp gravitatori de la Terra, així com la seva variació en el temps. [B1]

Fins el segle XVII es creia que la Terra era una esfera perfecta però a partir de llavors es va sospitar que no era una esfera perfecta. L'any 1736 amb unes mesures efectuades a Lapònia i a Perú (actual Equador) es va demostrar que el radi equatorial de la Terra era major que el radi polar. Actualment s'accepta que la Terra és un esferoide (el·lipsoide de revolució). [BW1]

La geodèsia estudia les desviacions locals que presenta la superfície real de la Terra utilitzant fonamentalment els mètodes de la triangulació, que permet de determinar la posició d'un punt sobre una superfície, l'anivellació, que permet de mesurar les altures, l'astronomia geodèsica, que determina la posició d'un punt respecte als astres, i la gravimetria, que estudia la direcció de la gravetat en cada lloc. La geodèsia permet als topògrafs, als cartògrafs i als navegants de calcular les coordenades exactes dels punts dels terrenys en els quals treballen, com també la distància entre ells, i dóna als astrònoms les dimensions exactes de l'eix major de l'el·lipsoide terraqüi. [BW1]

4.3.4 Sistemes de coordenades

Un **sistema de coordenades** és una creació artificial per a permetre la definició analítica de la posició d'un objecte o un fenomen. Hi ha múltiples opcions per a definir analíticament la situació geomètrica d'un element i, per tant, és possible escollir entre

diferents sistemes de coordenades. Els sistemes de coordenades més utilitzats per a representar la superfície de la Terra són el sistema de coordenades geogràfiques, el sistema de coordenades cartesià i el sistema de coordenades projectades. A continuació s'analitzen les característiques de cadascun d'ells: [B1]

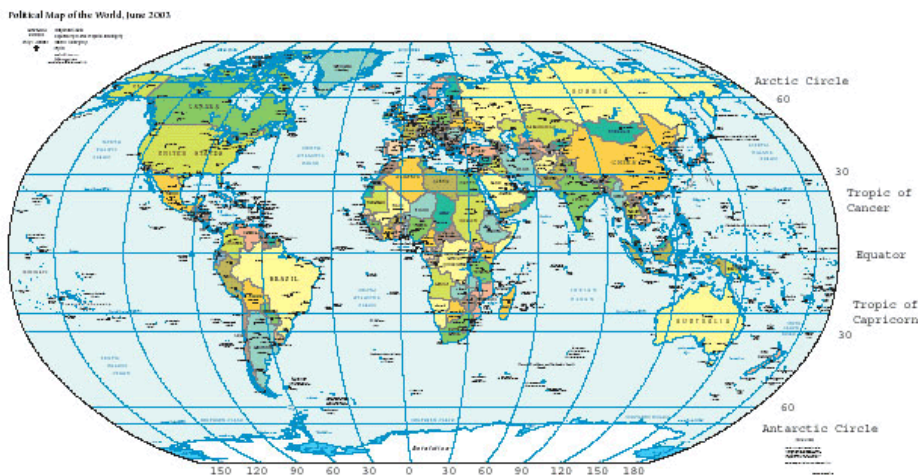
Coordenades geogràfiques:

Un sistema de coordenades geogràfiques o geodèsiques utilitza una superfície esfèrica tridimensional per a definir les localitzacions sobre la superfície terrestre.

Les coordenades geogràfiques es basen en al concepte de la latitud i la longitud. Són els paràmetres que determinen la posició d'un punt de la superfície terrestre. Les línies de referència són l'equador terrestre i un meridià inicial (el de Greenwich és el de referència). La **longitud** (α) d'un punt P de la superfície terrestre és l'arc d'equador comprès entre el punt d'intersecció del meridià inicial de Greenwich amb l'equador i el punt d'intersecció del meridià local de P amb l'equador. Les línies verticals d'igual longitud són cercles màxims que passen pels pols i que s'anomenen **meridians**.

La **latitud** (β) de P és l'arc del meridià local de P comprès entre l'equador i P, mesurat de 0° a 90° a cada hemisferi a partir de l'equador. Les línies horitzontals d'igual latitud s'anomenen **paral·lels**. Es pren l'equador terrestre com la línia de latitud zero.

La il·lustració 5 mostra un mapa de la Terra amb els meridians i els paral·lels.



II-lustració 5 Mapa de la Terra mostrant els meridians i els paral·lels, segons la projecció Eckert VI
(font: Viquipèdia)

La forma real de la Terra fa que l'extensió d'un grau de longitud o de latitud sigui diferent en diferents punts geogràfics per la qual cosa per a més exactitud s'han fet correccions del càlcul de la latitud. La posició geogràfica d'un punt queda completament establerta en especificar l'altitud. [B1, BW2]

Coordenades cartesianes:

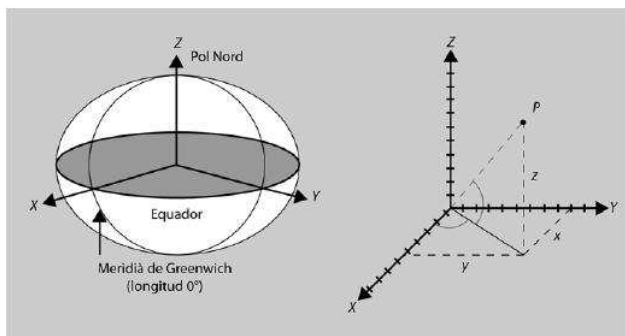
El sistema de coordenades cartesianes (anomenat també sistema de coordenades rectangulars) es fa servir per a determinar unívocament cada punt del pla a través de dos nombres reals anomenats habitualment la coordenada x o abscissa i la coordenada y o ordenada del punt. Per a definir les coordenades, s'especifiquen dues rectes

perpendiculars (l'eix x, i l'eix y) a cada una de les quals s'assigna una direcció considerada positiva o creixent, així com la unitat de longitud, que es marca als dos eixos. Els sistemes de coordenades cartesianes també s'estenen a l'espai de tres dimensions i en espais de dimensions superiors. [BW2]

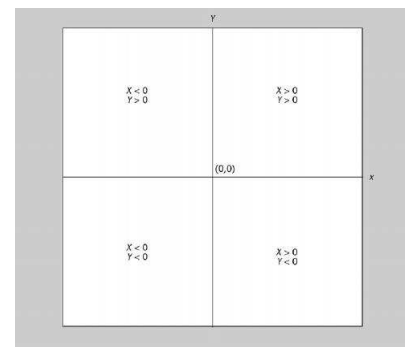
Fent servir els sistemes de coordenades cartesianes, les formes geomètriques (com ara les corbes) es poden descriure amb equacions algebraiques, les equacions que són satisfetes pels punts que pertanyen a la forma geomètrica.

En l'espai de tres dimensions, una posició es defineix en un espai tridimensional per les coordenades (x, y, z). Els eixos de coordenades (presentats a la il·lustració 6) es defineixen de la manera següent:

- L'eix Z passa pel centre de la Terra i pels pols.
- L'eix X passa pel centre de la Terra i pel meridià principal de Greenwich.
- L'eix Y forma un angle de 90° amb els altres dos eixos. [B1]



Il·lustració 6 Coordenades cartesianes (font B1)



Il·lustració 7 Coordenades projectades

Coordenades projectades:

Un sistema de coordenades projectades es defineix sobre una superfície plana, en la qual la localització de les coordenades es realitza respecte a una malla on s'ha definit l'origen en el seu centre.

Cada posició tindrà dos valors referits al punt central. Un valor especificarà la posició horitzontal i l'anomenarem coordenada X, i un altre especificarà la posició vertical dintre de la malla i l'anomenarem coordenada Y. Definim que la coordenada de l'origen serà $(X, Y) = (0,0)$.

En una malla de línies verticals i horitzontals espaiades uniformement, la línia central horitzontal és el que s'anomena eix X i la línia central vertical és el que s'anomena eix Y. Aquests dos eixos divideixen la malla en quatre quadrants (il·lustració 7). [B1]

El sistema de coordenades projectades és el que s'utilitza en la cartografia d'Haití manipulada pel *GeoMedia*. Ara bé, l'origen de les diferents capes eren *shapefiles* del SIG ArcView que estaven en el format de coordenades geogràfiques. Es van haver de transformar el sistema de coordenades perquè totes les capes del *GeoMedia* utilitzessin la

mateix sistema (capes vectorials, imatge ràster i el propi *GeoWorkspace*).

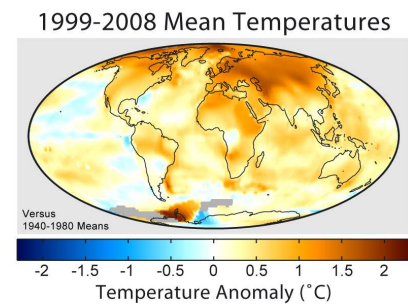
4.3.5 Projeccions cartogràfiques

Una projecció és un procediment matemàtic per a representar una part o tota la superfície de la Terra, que és esfèrica, sobre un mapa, que és una superfície plana. Les projeccions es classifiquen segons si són conformes, equivalents, equidistants o azimuthals. Les que no encaixen en cap de les quatre classificacions s'anomenen de compromís.

Les **projeccions conformes** mantenen la forma de la superfície que es mostra al mapa. Per contra distorsionen la mida de les superfícies cartografiades. La projecció conforme més coneguda i utilitzada és la de **Mercator** (il·lustració 8), que manté la forma real però per contra les superfícies properes als pols augmenten de forma exagerada.



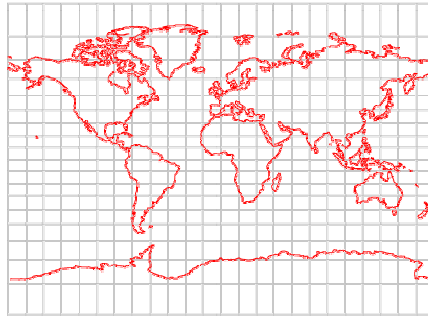
Il·lustració 8 Projecció de Mercator



Il·lustració 9 Projecció de Mollweide

Les **projeccions equivalents** (o d'igual àrea) mantenen les mateixes proporcions que les àrees de la terra que representen (mantenen la mida) però per contra deforma els angles originals. Una projecció no pot ser al mateix temps equivalent i conforme, ja que per aconseguir l'equivalència obligatòriament cal deformar els angles. Les projeccions equivalents són molt usades en mapes temàtics. Les projeccions de **Mollweide** (la il·lustració 9 ens mostra dades de l'escalfament global utilitzant aquesta projecció) i de **Peters** són equivalents.

Les **projeccions equidistants** són aquelles que conserven les distàncies, ja sigui només des del centre de la projecció o al llarg dels cercles màxims (meridians), ja que no és possible representar totes les distàncies de manera correcta. Un exemple de projecció equidistant és la de **Miller** (a la il·lustració 10), que és una modificació de la projecció de Mercator però conservant la distància.



Il·lustració 10 Projecció de Miller

Les **projeccions azimuthals** (o zenitals, o de direcció veritable) conserven les direccions de tots els punts del mapa respecte a un punt de referència: el centre del mapa. Cal destacar que aquestes projeccions conserven els angles (azimuts) però no necessàriament les distàncies. Igual que passava amb les projeccions equidistants que no podien conservar totes les distàncies en el cas de les azimuthals no poden representar correctament tots els angles en un mateix mapa. Exemples d'aquest tipus de projeccions són l'**ortogràfica** (a la il·lustració 11 la projecció ortogràfica polar), l'**estereogràfica**, la **gnòmica** i la de **Lambert**.

Finalment tenim les anomenades **projeccions de compromís**, que són aquelles que no intenten mantenir cap de les 4 propietats anteriors però volen aconseguir un balanç entre les diferents propietats. Aquest tipus de projeccions són usades com a base de mapes temàtics. Un exemple de projecció de compromís és la de **Robinson** (il·lustració 12).

[B1, BW2, BW3, BW4]



Il·lustració 11 Projecció Ortogràfica



Il·lustració 12 Projecció de Robinson (font: Wolfram Alpha)

Cal destacar que la cartografia d'Haití utilitzada amb el *GeoMedia* en aquest projecte és amb la Projecció Universal Transversa de Mercator (**UTM**: Universal Transverse Mercator). En el cas d'Haití està situat a la zona 18 UTM.

4.3.6 El datum

En cartografia, els mapes representen la projecció de la superfície de la terra sobre un el·lipsoide, que és la forma geomètrica senzilla que més s'aproxima a la seva forma real. Ara bé, com que la forma de la terra no és exactament un el·lipsoide (la superfície que correspondria al nivell del mar, si es prolongués per sota els continents, se separaria en desenes de metres de l'el·lipsoide que millor s'hi ajustés) ni és totalment regular, els cartògrafs de cada part del món han anat triant per fer mapes l'el·lipsoide que més s'ajustava a la forma de la terra a la seva regió amb les dades disponibles en la seva època. Llavors es planteja el problema de com es pot ubicar tridimensionalment un el·lipsoide seleccionat respecte el geoide. Aquest problema el soluciona el que coneixem com a datum geodèsic.

Un datum és un punt de referència a la superfície de la Terra respecte al qual es realitzen mesures, i un model associat de la forma de la Terra per a calcular posicions. Els datums horitzontals s'utilitzen per a descriure un punt a la superfície de la Terra, en latitud i longitud o en un altre sistema de coordenades. Els datums verticals s'utilitzen per mesurar elevacions o profunditats subaquàtiques. És a dir, un datum conté els paràmetres (dimensions, forma, posició) de l'el·lipsoide seleccionat i la determinació d'un punt de tangència comú a les superfícies del geoide i l'el·lipsoide, i això és el que ens permet fixar un punt en un espai tridimensional.

El fet d'utilitzar diferents datums en diferents mapes provoca que amb mapes diferents poden indicar latituds i longituds diferents per un mateix punt. L'error que es produeix en no tenir en compte aquesta diferència, entre els datums usuals actualment, pot ser de pocs centenars de metres. [B1, BW2]

La cartografia d'Haití utilitzada en aquest projecte fa servir el datum **WGS84 (World Geodetic System 1984)**

4.4 Estudi de *Geomedia Professional 6.1*

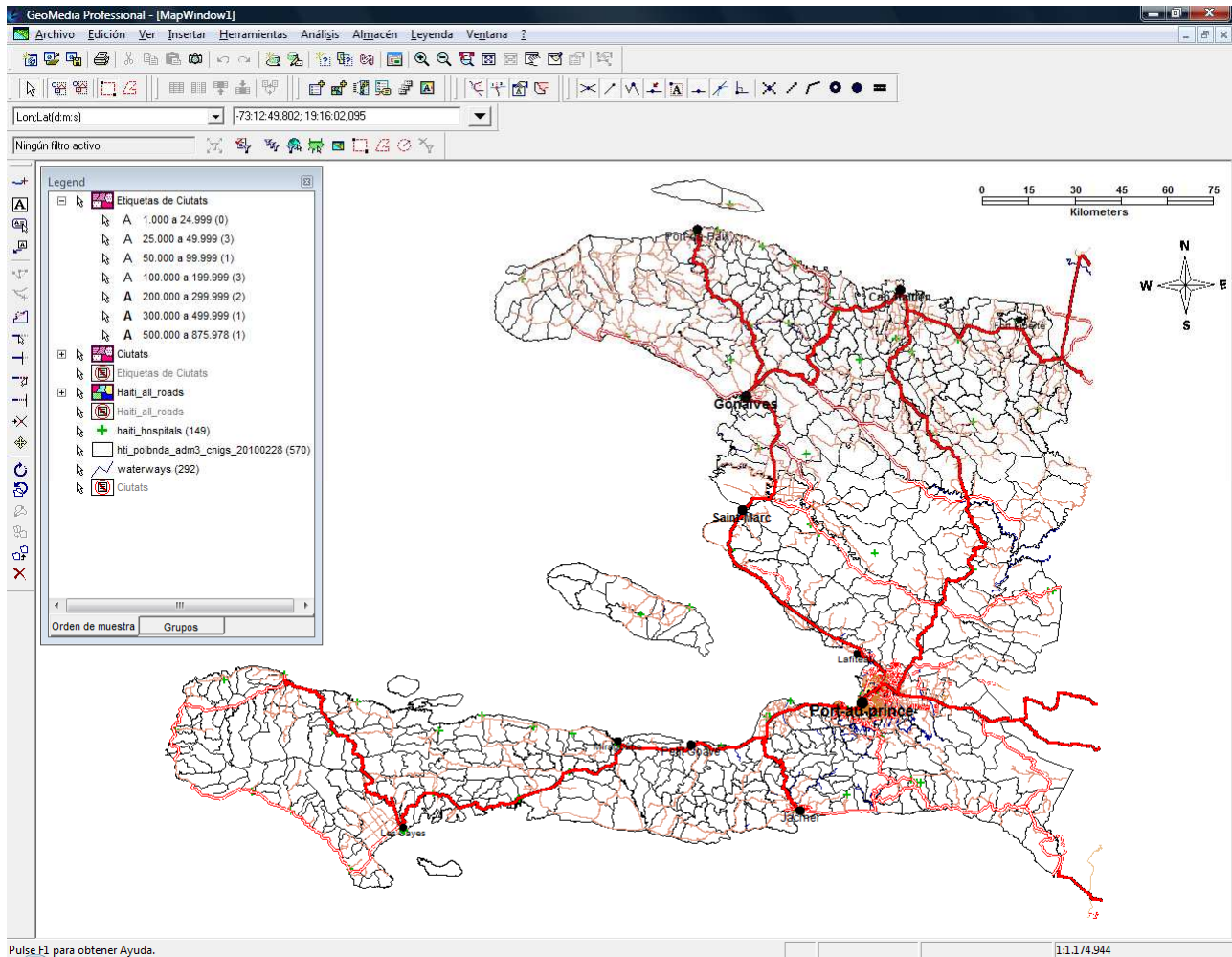
En aquest apartat es fa una breu introducció al programari *Geomedia Professional 6.1*. Es fa una descripció de les característiques i els elements més importants.

4.4.1 Descripció de *Geomedia Professional 6.1*

Geomedia Professional és un SIG (veure 4.2.1 Definició de SIG) de nova generació, procedent de la tecnologia Jupiter d'Intergraph, per sistemes *Windows XP*, *Vista* o posteriors. És una potent eina per a la manipulació i anàlisi de dades geogràfiques. Permet combinar dades geogràfiques de diverses procedències i formats en únic entorn. Es poden realitzar consultes complexes de dades tant espacials com atributs d'altres procedències. Permet també crear noves vistes de mapes com a resultat de combinacions dels ja existents. Una característica molt important és que és un entorn que es pot personalitzar amb altres eines, que es poden desenvolupar amb programari de desenvolupament d'aplicacions en entorn *Windows* com *Visual Basic* o *Visual C++*. En aquest projecte s'utilitza *Visual Basic .NET* per desenvolupar l'aplicació per obtenir la ruta més curta entre dos punts i una ruta alternativa. [B5]

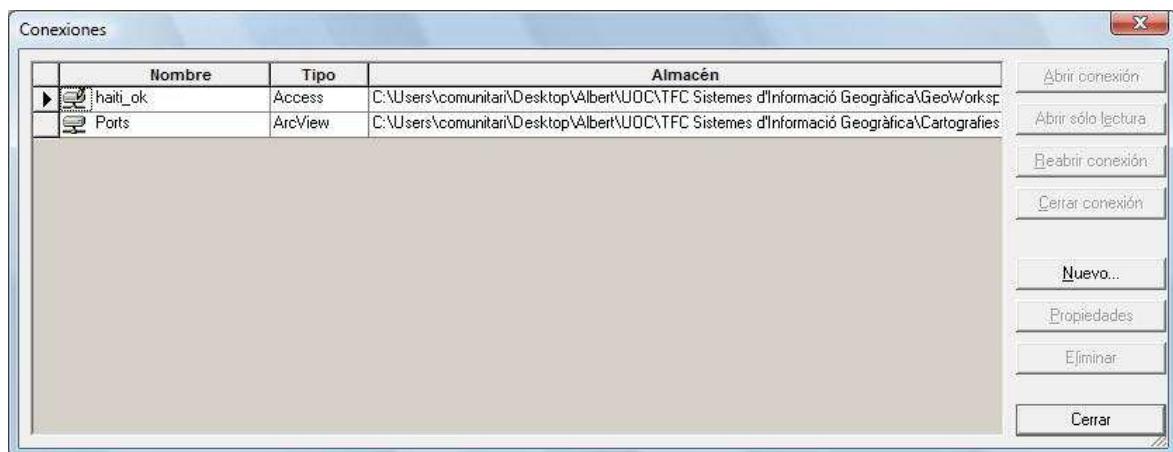
4.4.2 Elements bàsics de *Geomedia Professional 6.1*

Geomedia basa el seu funcionament en una sèrie de components, el més important d'ells és l'anomenat *Geoworkspace*. Un *Geoworkspace* és el marc de treball on tota la resta de la informació del SIG que es dissenya es recolza. És el nucli de *Geomedia*, i és el primer que s'ha de crear a l'hora de començar a treballar. Un cop creat el *Geoworkspace*, es pot configurar i afegir nous components per tal d'ampliar la potència del nostre SIG. Cada *Geoworkspace* té el seu propi sistema de coordenades, cosa important a tenir en compte per si es treballa amb fonts de dades amb diferents sistemes de coordenades. Dins del *Geoworkspace* es creen connexions amb magatzems (fonts de dades), conté les finestres amb els mapes i dades, les finestres de composició, la llegenda i altres elements que componen un *Geoworkspace*. L'extensió dels fitxers *Geoworkspace* és *.gws*. A la següent imatge (Il·lustració 13) es mostra un exemple de l'aspecte que té un *Geoworkspace*, en aquest cas concret amb cartografia d'Haití.



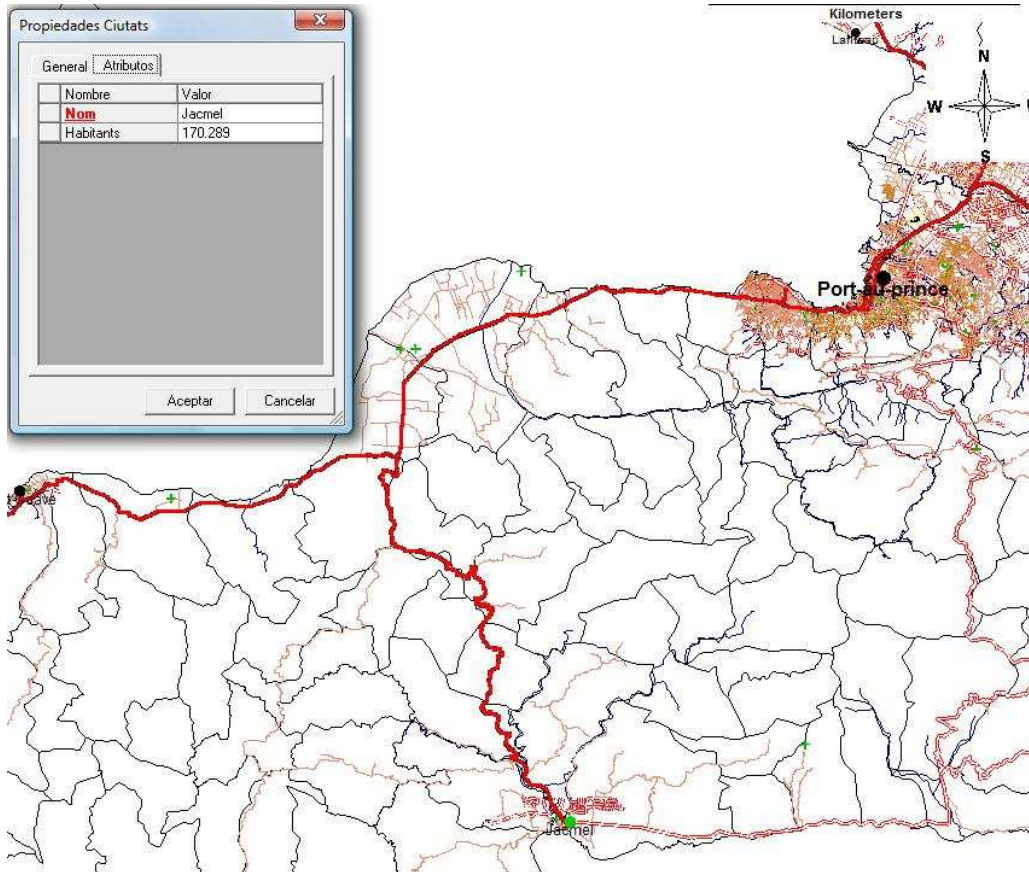
II-il·lustració 13 Exemple de Geoworkspace: la base de Geomedia Professional

El segon component més important són els magatzems. Els magatzems són el lloc físic on s'emmagatzemen les dades amb les que el SIG ha de treballar. Per fer-ho s'ha d'indicar al nostre Geoworkspace que es connecti amb aquests magatzems de dades. Els magatzems poden ser de diferent tipus, poden ser bases de dades relacionals, com *Microsoft Access*, *Oracle*, *SQL Server*, etc., o poden ser fitxers d'altres programes com *CAD*, *ArcView* o *ArcInfo*. En els magatzems es desa tota la informació, ja sigui geogràfica o temàtica. A la il·lustració 14 es mostra un exemple de la pantalla "Conexiones".

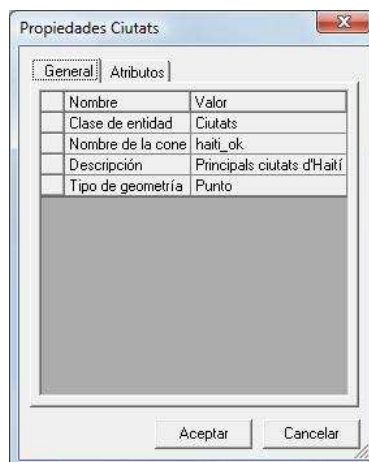


II-il·lustració 14 Pantalla "Conexiones" on es mostren les connexions als magatzems, permetent visualitzar les propietats, afegir-ne de noves, o eliminar-les.

Dins de cada magatzem hi ha uns altres components per tal de manipular la informació: les entitats. Les entitats són les diferents ocurrències d'una determinada classe d'entitat. Es poden veure les entitats com una taula d'una base de dades relacional, on la classe d'entitat seria la taula i l'entitat un dels registres que la componen. Segons on es visualitzi l'entitat, i ara apareixen dos nous components de *Geomèdia*, es mostrarà d'una o altra manera; si ho fan en la finestra de dades es mostraran els seus atributs i si ho fan en la finestra de mapa es visualitzarà la seva geometria. Les il·lustracions 15 i 16 mostren els atributs i propietat de l'entitat Jacmel, que pertany a la classe d'entitat "Ciutats".

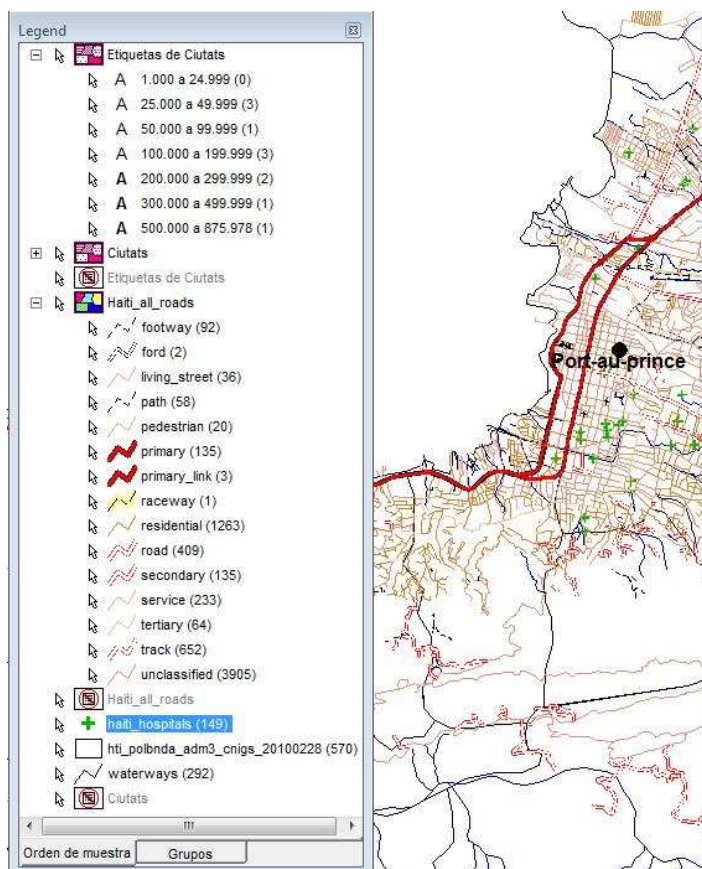


Il·lustració 15 Visualització dels atributs de l'entitat Jacmel, de la classe entitat Ciutats, i la seva situació en el mapa.



Il·lustració 16 Dades generals de la classe d'entitat Ciutats.

Finalment un altre element bàsic del *Geomedia Professional* és la llegenda, en la qual es controla la visualització de les diferents entitats en la finestra del mapa.



II-lustració 17 Exemple de llegenda i la seva visualització en una part del mapa

4.4.3 Anàlisi de dades

Una de les eines importants que ofereix *Geomedia* és l'anàlisi de les dades gràfiques i les dades alfanumèriques introduïdes al SIG. A continuació es fa una petita referència als conceptes més utilitzats en l'anàlisi de dades, fent especial atenció als que poden ser d'utilitat en aquest TFC:

Mapes temàtics: Els mapes temàtics són mapes que permeten un anàlisi de les dades relacionades amb el grau de pertinença a la consulta realitzada. Segons el valor d'uns atributs, poder seleccionar el format en què es visualitzaran les entitats. Un exemple en el mapa d'Haití són els diferents tipus de carreteres, que es visualitzen amb un estil diferent segons si són de la xarxa primària, secundària, etc.

Zones d'influència: Són les àrees al voltant d'una o diverses entitats, en què es poden delimitar consultes espacials. El territori i les entitats incloses en una zona d'influència es poden marcar gràficament canviant el seu aspecte, per tenir-les identificades. L'ús de zones d'influència és adequat a l'hora d'analitzar les dades en una àrea concreta de tot el territori. En el cas del terratrèmol d'Haití podria ser útil, per exemple, per determinar els hospitals que hi ha a 20 km a la rodona d'un determinat punt.

Relacions: Les relacions són el vincle que s'estableix entre dos tipus d'entitats o consultes, per tal que es puguin compartir els atributs de cadascuna, en una sola consulta. Les relacions són útils a l'hora de compartir atributs entre entitats o consultes diferents.

Consultes: Les consultes es poden fer directament sobre les dades, utilitzant els fulls de dades, on es poden consultar les dades fent filtres, modificant-les o eliminant-les.

Agregació: Consisteix en agrupar les entitats d'un territori, per a totalitzar-ne algun dels atributs de les entitats.

Càlculs sobre la geometria: Consisteix en, un cop introduïda la geometria del territori a avaluar, calcular-ne dades només prenent com a referència la seva forma. Un exemple és el càlcul de la llargada de les entitats tipus línies, que en el cas del TFC pot ser la llargada d'un carrer o carretera d'Haití.

4.4.4 Captura de dades

Geomedia Professional proporciona diverses eines per capturar noves dades. S'ha de distingir entre dos tipus de fonts de dades: les dades en format paper i les dades en format digital. Per capturar dades des de mapes en paper el mètode més còmode és fer servir una tauleta digitalitzadora, un perifèric que serveix per digitalitzar mapes en format paper. Una vegada completat el procés de digitalització dels mapes en paper aquests podran ser utilitzats al *Geomedia*. Tot i això el mètode que s'utilitza més en l'actualitat és importar cartografia que ja està en format digital. Aquesta cartografia pot estar en format ràster o vectorial, tot i que el *Geomedia Professional* només permet modificar dades vectorials, les imatges ràster només es fan servir de fons, com a referència. Les dades vectorials poden estar en formats d'altres programes, com *ArcView*, *ArcInfo*, CAD, etc. [B5]

4.4.5 Desenvolupament d'aplicacions

Geomedia Professional permet integrar aplicacions desenvolupades amb diversos llenguatges de programació dins del seu propi entorn. En aquest TFC es desenvolupa una aplicació amb *Visual Basic .NET* per poder indicar les carreteres i camins tallats a causa del terratrèmol i també poder calcular la ruta més curta entre dos punts tenint en compte aquests talls de carreteres. En el punt 4.5 es desenvolupa amb més detall aquest aspecte.

4.5 Treball pràctic: creació del SIG de càlcul de rutes òptimes en zones de catàstrofe

Aquest capítol descriu la part més pràctica del TFC, resolent el problema especificat per l'anàlisi bàsic de rutes òptimes en zones de catàstrofe. Està dividit en tres parts: la primera especifica les dades cartogràfiques utilitzades en aquest TFC, la segona descriu com s'ha implementat la funcionalitat per indicar si una via és transitable o per contra està tallada a causa dels afectes de la catàstrofe. Finalment la tercera explica el desenvolupament per calcular la ruta òptima (la més curta), tenint en compte les vies que són transitables.

4.5.1 Dades utilitzades en el treball

Per confeccionar el mapa d'Haití, que és la base de treball d'aquest TFC, s'han utilitzat diverses dades cartogràfiques provinents la seva majoria de fitxers disponibles lliurement a Internet. A continuació es detallen les diferents capes necessàries per dissenyar el mapa.

La capa base és un mapa d'Haití amb la divisió administrativa de *communes* (municipis), és una geometria del tipus àrea. En el GeoWorkspace està identificada com a *hti_polbnda_adm3_cnigs_20100228*. S'ha importat d'un shapefile d'ArcView disponible a Internet.

La segona capa més important és la de carreteres, identificada al *GeoMedia* com a *Haiti_all_roads*. És una geometria de tipus línia. Com en l'anterior capa l'origen és un *shapefile*, però en aquest cas a part d'importar-lo s'ha tractat la informació a través d'una divisió temàtica de valor únic per tal de mostrar de forma diferent els diversos tipus de via. Per exemple les carreteres de la xarxa primària s'han representat vermelles i amb un traç més gruixut que les de la xarxa secundària, i aquestes alhora amb un traç més gruixut que els carrers i carreteres locals.

Una altra capa amb força importància informativa és la capa de ciutats (Ciutats al *GeoMedia*). És una geometria de tipus punt. Aquesta capa mostra les poblacions més importants del país, indicant-les amb un punt i amb el seu nom. En aquest cas s'ha fet divisió temàtica per rangs per mostrar el punt i el nom de la ciutat més gran o més petit depenent dels habitants que té cada ciutat. Cal destacar que aquesta capa cartogràfica ha hagut de ser creada, ja que no s'ha trobat aquesta informació a Internet. S'ha creat una nova entitat "Ciutats" amb els atributs nom i habitants. S'han cercat les poblacions amb més habitants d'Haití i a partir de les coordenades de cada ciutat s'ha situat en el mapa cada població.

Complementen aquestes tres capes principals hi ha diverses capes complementàries. una capa amb els rius (*waterways*), hospitals (*haiti_hospitals*), aeroports i aeròdroms (*HTI_Airports_P_SDIT_20100127*). En els tres casos són *shapefiles* importats.

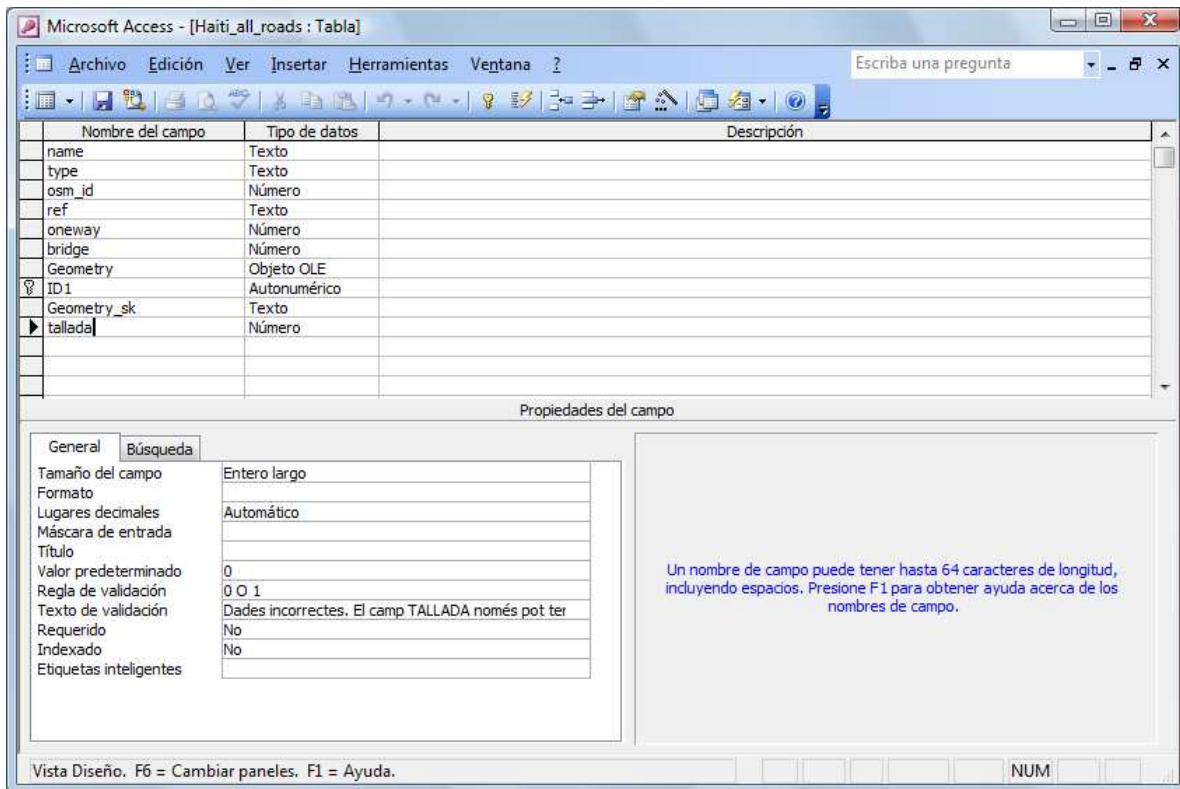
Finalment per completar la cartografia s'ha inclòs una imatge de satèl·lit en format mrSID com a fons del mapa, obtinguda de la pàgina web de la NASA. Aquest mapa és en format ràster, a diferència de totes les altres capes que són en format vectorial. El *GeoMedia Professional* permet manipular dades en format vectorial però en canvi les dades en format ràster només les pot mostrar. Cal destacar que totes les capes (tant les vectorials com la imatge ràster) s'han gravat en un únic magatzem Access per facilitar la visualització i manipulació de les mateixes.

Cal destacar que en qualsevol moment es pot activar o desactivar la visualització de qualsevol de les capes que formen part del mapa. Per exemple, segons el nivell de zoom pot interessar mostrar la imatge satèl·lit de fons o no.

4.5.2 Mòdul actualització de dades de les vies transitables

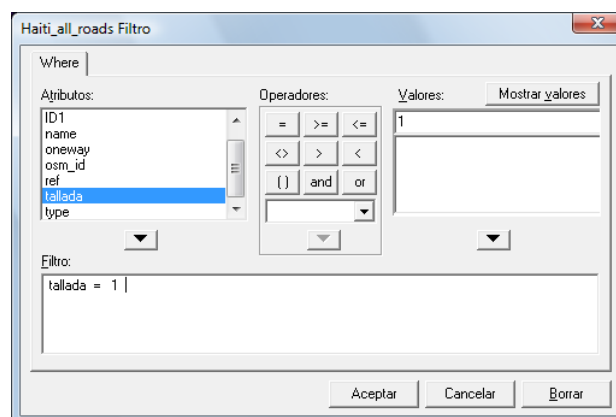
L'actualització de dades de les carreteres i carrers transitables té com a objectiu facilitar una cartografia fiable als equips d'emergència. Aquesta actualització de l'estat de les vies la podran fer els propis equips d'emergència pràcticament a temps real, així altres equips d'emergència que treballin a la zona ja podran conèixer les vies que es troben tallades. Igualment aquesta informació de trams de carretera i carrers tallats servirà per calcular la ruta òptima entre dos punts tenint en compte que no es podran utilitzar aquestes vies tallades.

Per poder indicar si una via és transitable o no primer s'haurà d'afegir un nou atribut a la capa de carreteres. Com s'ha explicat en el 4.5.1 l'origen de la capa de carreteres és extern, per això l'hem de modificar per adaptar-la a les necessitats d'aquest projecte. Per fer-ho s'accedeix a la vista disseny de la taula de carreteres (en aquest cas la capa/taula de carreteres es diu *Haiti_all_roads*) dins la base de dades *Microsoft Access*. Com es pot veure a la següent il·lustració (la número 18) es crea un nou camp "tallada", del tipus "Número", que indicarà si un tram de carretera està tallat (valor 1) o és transitable (valor 0). S'indica que el valor predeterminat serà 0 (transitable). Per assegurar que l'usuari no pugui entrar dades incorrectes es crea una regla de validació perquè el camp només pugui prendre els valors 0 o 1. En cas que l'usuari introdueixi un valor diferent es mostrarà un missatge, definit a la propietat "Texto de validación", informant-lo dels valors vàlids. Amb aquesta regla de validació es garanteix que en cap cas es gravarà un valor diferent a 0 o 1. Finalment mitjançant la sentència SQL `UPDATE HAITI_ALL_ROADS SET TALLADA=0;` s'inicialitza a 0 (transitable) l'atribut "tallada" de tots els carrers i trams de carretera. Així el punt de partida serà que totes les vies són transitables i seran els equips d'emergències que hauran d'indicar les vies que es troben tallades.



II-lustració 18: Nou atribut "tallada" a la taula Haiti_all_roads

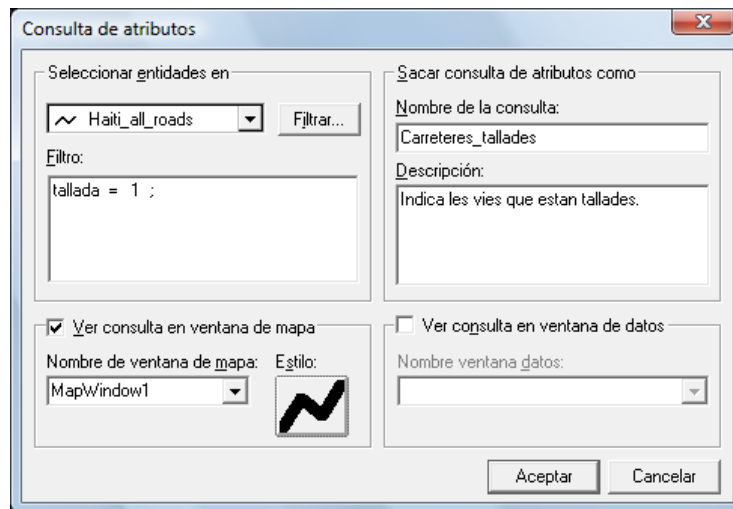
En aquest punt l'usuari a través del *GeoMedia* ja podria modificar l'atribut "tallada" dels diferents trams de carretera per indicar si està tallada o és transitable. Ara bé, tot i canviar el valor de l'atribut en el mapa no visualitzaria cap canvi, i per saber si una carretera està tallada o no hauria de consultar les propietats de cada tram de via, procediment molt poc funcional. Per fer visibles els trams de carretera tallats s'ha de crear una nova consulta amb el *GeoMedia* per visualitzar les vies tallades d'un color diferent, en aquest cas el negre. Per crear una nova consulta es fa des del menú "Anàlisis > Consulta de atributos". En aquesta pantalla s'ha de seleccionar l'entitat *Haiti_all_roads* i fer clic al botó "Filtrar" per seleccionar només les carreteres tallades. Tal com mostra la següent il·lustració (il·lustració 19) s'ha de seleccionar l'atribut "tallada" i indicar que sigui igual a 1.



II-lustració 19: definir el filtre de la consulta

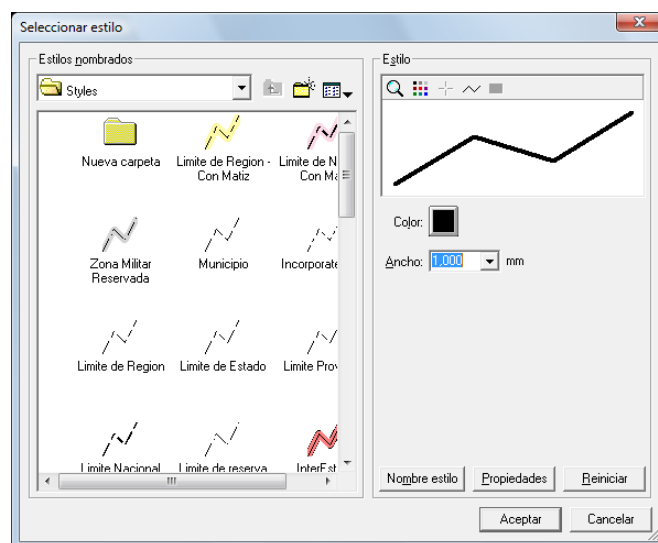
A continuació s'ha d'indicar el nom de la consulta (Carreteres tallades), la descripció i indicar que només és necessari veure la consulta a la finestra de mapa, desmarcant

l'opció finestra de dades. La següent il·lustració (il·lustració 20) mostra aquesta configuració de la consulta.



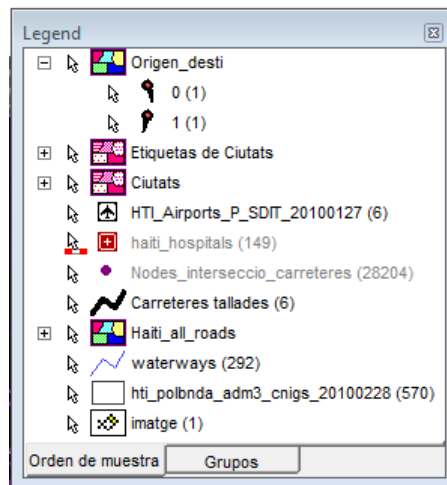
Il·lustració 20: configuració consulta d'atributs

Finalment per acabar de configurar la consulta s'ha de definir un estil de com es mostraran els resultats. Per definir aquest s'ha de fer clic al botó d'estil. Una vegada oberta la pantalla d'estils es pot definir el color i el gruix de la línia. En aquest cas s'ha de seleccionar el color negre (per indicar les carreteres tallades) i un gruix de 1 mm, tal com mostra la següent il·lustració (il·lustració 21).



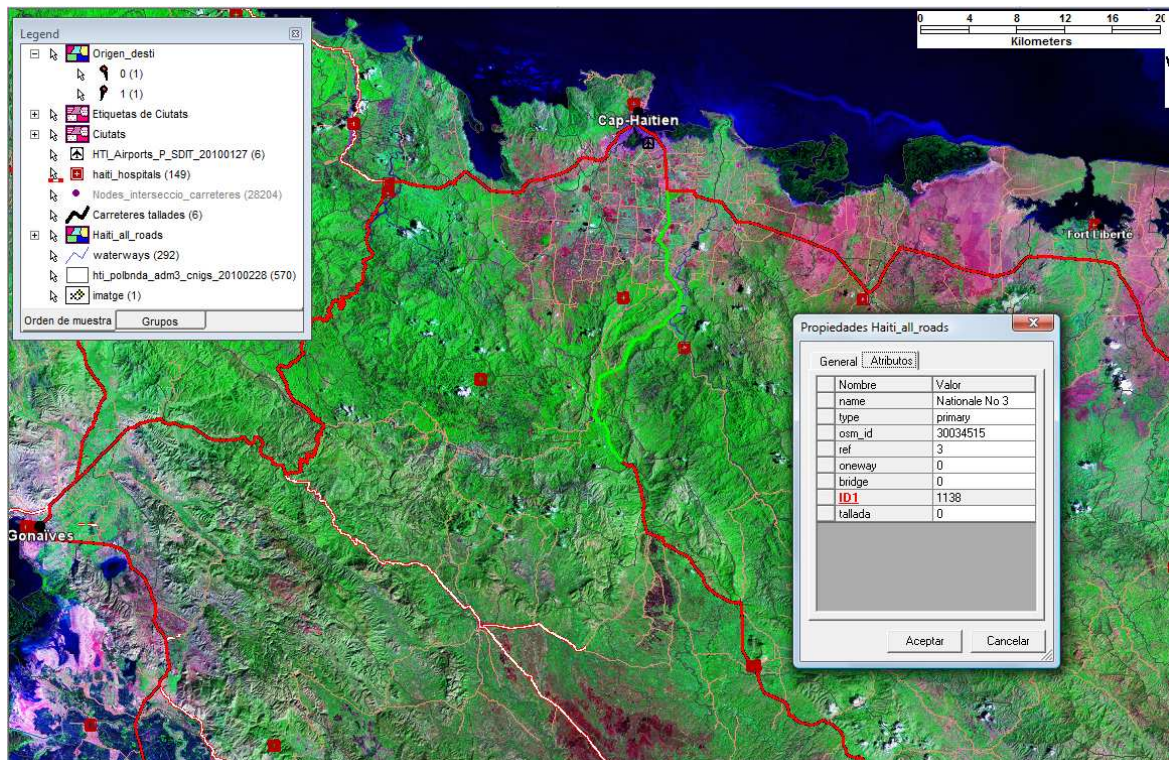
Il·lustració 21: definir estil per la consulta

Una vegada fet clic al botó Aceptar de la pantalla "Consulta de atributos" la consulta apareixerà automàticament a la llegenda del mapa. Aquesta consulta ha d'estar just a sobre de l'entitat *Haiti_all_roads*. El motiu és que l'ordre de les capes de la llegenda és el mateix de l'ordre de mostra, és a dir, les capes superiors es visualitzaran a sobre de les capes inferiors. Així, en aquest cas la capa amb les carreteres tallades es mostraran a sobre de la capa de carreteres per poder identificar precisament les carreteres tallades, que es mostraran de color negre. La següent il·lustració (il·lustració 22) mostra com ha de quedar la llegenda una vegada definida la consulta.



Il·lustració 22: llegenda

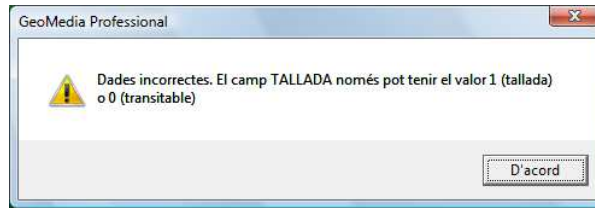
Una vegada creat el nou atribut a la taula de carreteres i definida la consulta que permet visualitzar les carreteres tallades ja es poden indicar les vies que estan tallades. Per fer-ho s’ha de tenir obert el *GeoMedia* amb el corresponent *GeoWorkspace* carregat. Per indicar un tram de via tallat es fa clic sobre el mateix (el tram queda seleccionat amb color verdós), després s’ha de fer clic amb el botó de la dreta del ratolí i seleccionar l’opció del menú “Propiedades del conjunto de selección”. Es veurà per pantalla les propietats de l’entitat *Haiti_all_roads* seleccionada, tal com mostra la següent il·lustració (il·lustració 23).



Il·lustració 23: selecció tram de via per canviar propietats

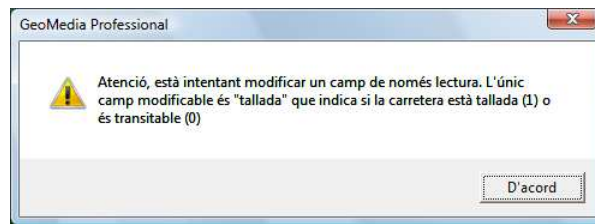
A la pantalla “Propiedades Haiti_all_roads” és on s’ha de canviar l’atribut “tallada” per posar-hi un 1. Cal destacar que si s’intenta posar un valor diferent a 1 (tallada) o a 0 (transitable) mostra un missatge d’avís per pantalla i no es graven els canvis, tal com es

pot veure a la següent il·lustració (il·lustració 24).



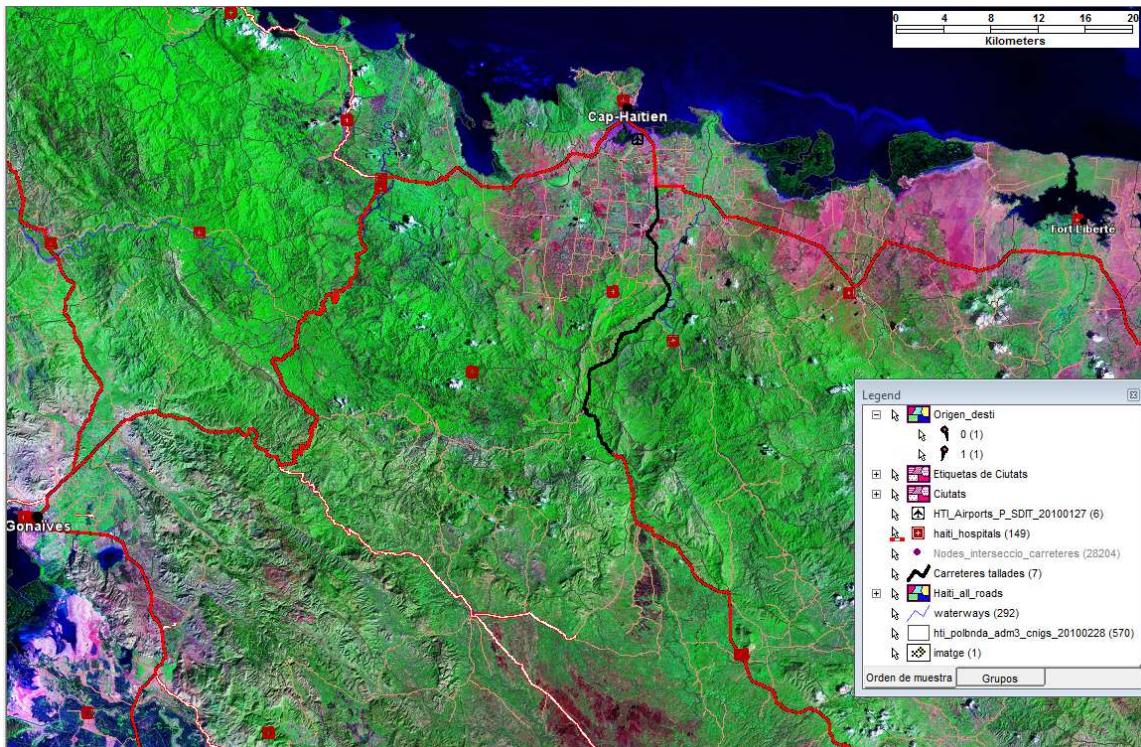
Il·lustració 24: missatge si s'introdueixen valors diferents a 0 o 1 a l'atribut tallada

De la mateixa manera si s'intenta modificar un atribut que no sigui “tallada”, com per exemple el camp “type”, l'aplicació també mostra un missatge d'avís i no deixa modificar el camp, tal com mostra la següent il·lustració (il·lustració 25).

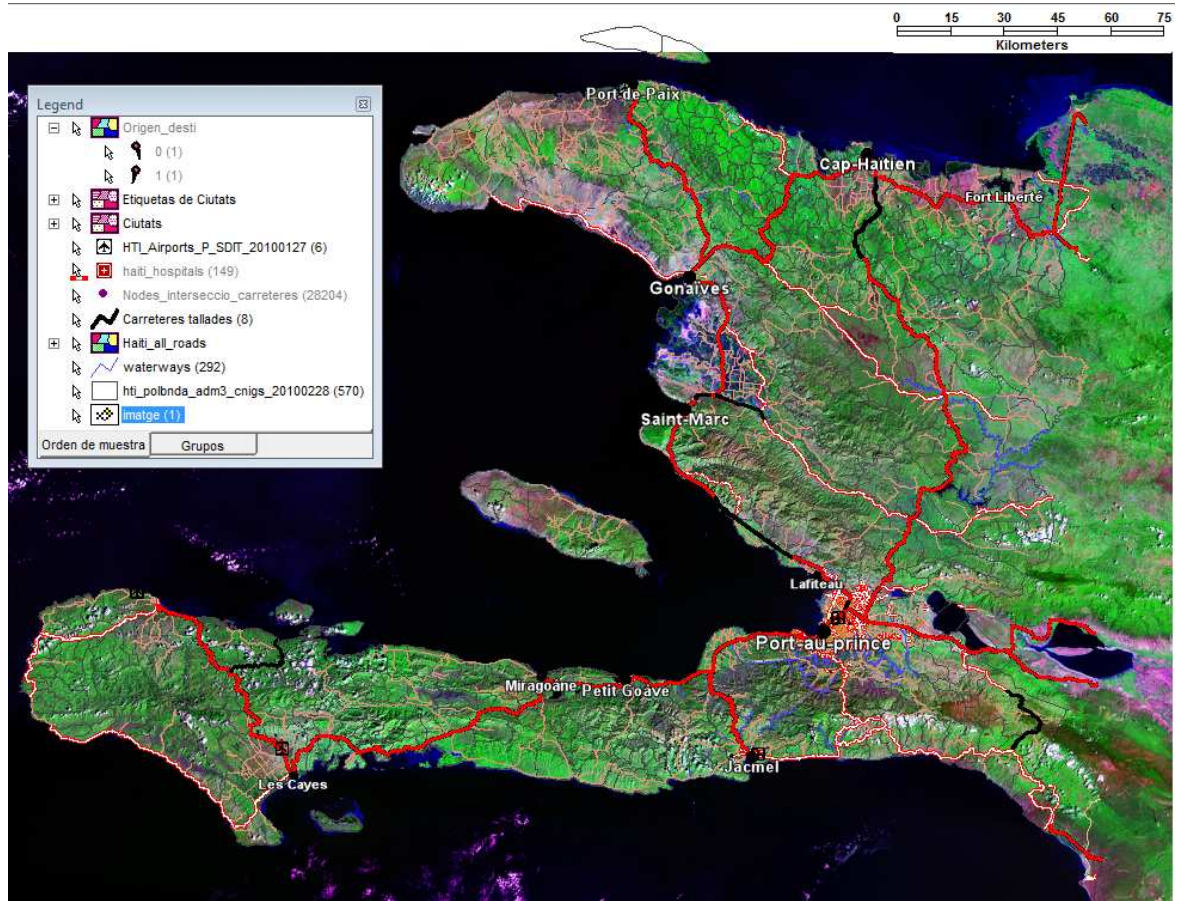


Il·lustració 25: missatge si s'intenta modificar un atribut diferent a tallada

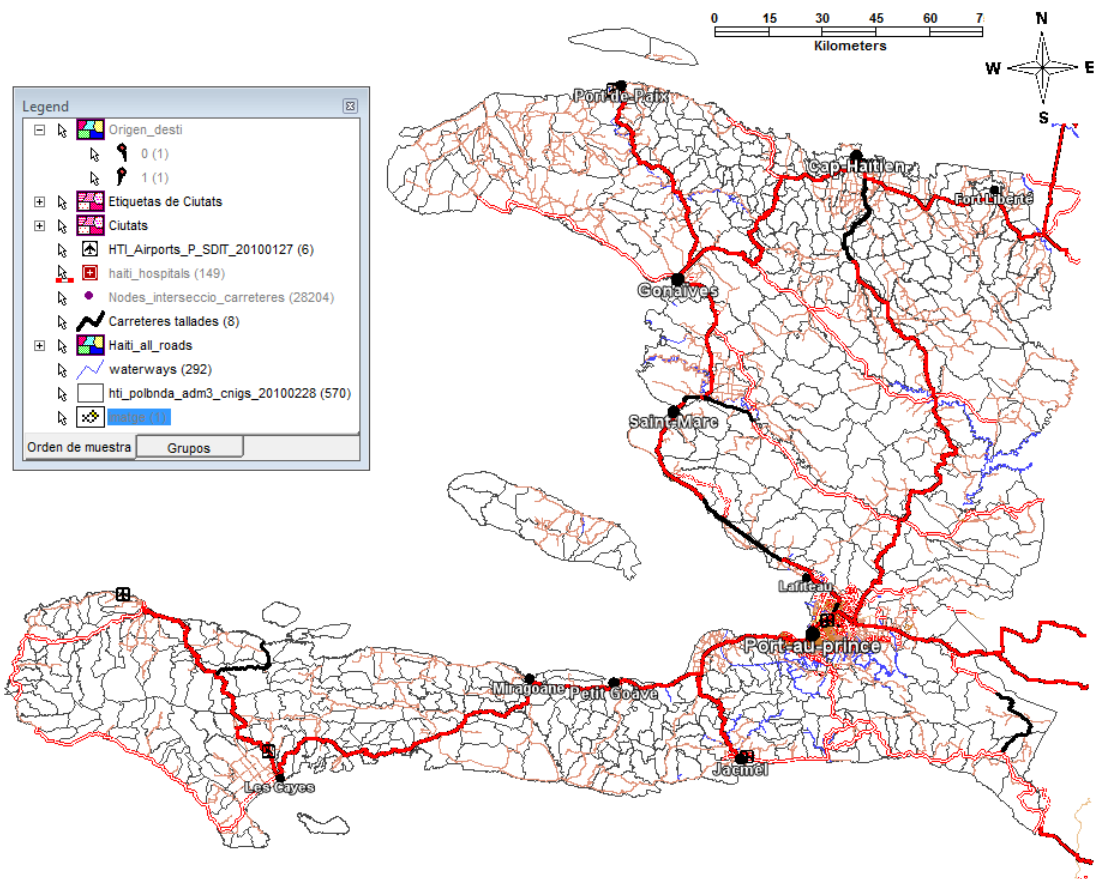
Si finalment l'atribut “tallada” es posa a 1 al fer clic a Acceptar, gràcies a la consulta “Carreteres tallades” definida anteriorment, automàticament es canviarà el color del tram de carretera a negre per indicar que està tallada. A la següent il·lustració (la 26) es mostra el resultat visual després d'indicar el tall d'un tram de carretera, a la zona de Cap-Haïtien.



Il·lustració 26: el tram de carretera tallat es mostra de color negre



Il·lustració 27: mapa d'Haití amb imatge satèl·lit on es mostren les carreteres tallades de color negre



Il·lustració 28: mapa d'Haití sense imatge satèl·lit on es mostren les carreteres tallades en negre

Gràcies al fet de mostrar de color negre les carreteres tallades els equips d'emergències podran veure fàcilment les vies que no són transitables i les que ho són, tant a nivell d'una zona concreta del país (il·lustració 26) com amb una visió general de tot Haití (il·lustracions 27 i 28). Igualment aquesta informació s'utilitzarà pel càlcul de rutes, ja que s'hauran de descartar els trams de carreteres tallats a l'hora de calcular la ruta més curta i una ruta alternativa.

4.5.3 Càlcul de la ruta òptima

Fins aquest punt, per desenvolupar les anteriors funcionalitats n'hi ha hagut prou amb el *GeoMedia Professional* i el magatzem de dades associat, en aquest cas una base de dades *Access*. En canvi per poder calcular la ruta òptima entre dos punts (el camí més curt) serà necessària la utilització de l'entorn de desenvolupament *Microsoft Visual Studio 2005* i el complement *GeoMedia Command Wizard* per tal de poder interactuar amb les entitats del *GeoMedia*. A continuació es farà una explicació dels passos preliminars a seguir per poder desenvolupar aplicacions per *GeoMedia* amb el *Visual Studio*. Després s'explica el disseny de l'aplicació de càlcul de rutes i finalment s'indica com generar i registrar la DLL per poder afegir la nova funcionalitat al *GeoMedia*.

4.5.3.1 Passos preliminars

Per desenvolupar aplicacions externes al *GeoMedia* s'ha d'instal·lar l'entorn de programació *Microsoft Visual Studio 2005*. Una vegada fet això s'haurà de registrar el *Geomedia Command Wizard*. Aquest mòdul és el que permet establir la connexió entre el *GeoMedia* i el *Visual Studio*, igualment ajuda a desenvolupar comandes en *Visual Studio* per executar-se al *GeoMedia*.

Per registrar el *Command Wizard* s'ha d'executar l'aplicació **regGM.exe**, amb drets d'administrador. Aquest fitxer es troba a la carpeta *Program* dins de la carpeta on s'hagi instal·lat el *GeoMedia* (habitualment C:\Program Files\GeoMedia Professional). Cal destacar que el *GeoMedia Command Wizard* no és compatible amb versions posteriors a la 2005. És a dir, la versió més nova del *Visual Studio* amb que es pot fer servir el *Command Wizard* és la 2005.

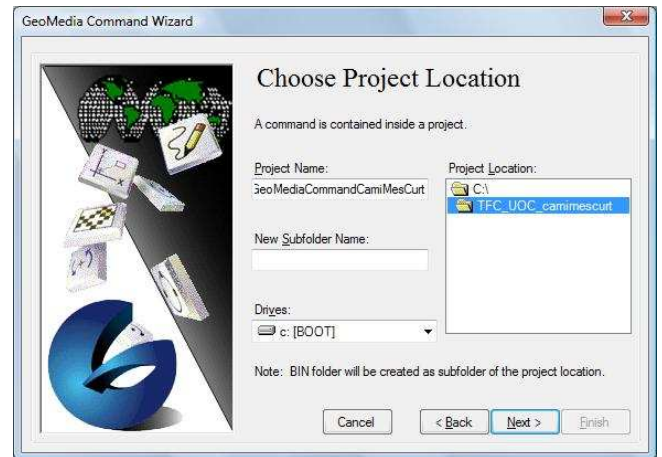
Un cop registrat el *GeoMedia Command Wizard* s'ha d'executar el *Visual Studio*, també com a administrador. Un cop fet això cal anar al menú "Herramientas > Administrador de complementos ..." i seleccionar el *GeoMedia Command Wizard* clicant les opcions "Inicio" i "Línea de comandos". Ara al menú "Herramientas" ja es podrà seleccionar el *Geomedia Command Wizard*.

A continuació, una sèrie de figures (il·lustracions 29 a 36) il·lustren la configuració de l'assistent per crear una nova comanda amb el *GeoMedia Command Wizard*.

Primer s'ha d'especificar el nom de l'empresa, seleccionar el tipus de projecte (Visual Basic.NET (VB.NET) o Visual C#, en aquest cas s'ha escollit la primer opció) i seleccionar l'opció de crear un nou projecte per la comanda. A la següent pantalla s'ha d'especificar el nom del projecte i el directori on es vol desar.



II-lustració 29: Utilització de GM Command Wizard 1



II-lustració 30: Utilització de GM Command Wizard

A continuació s'haurà d'especificar el nom de la comanda i la seva descripció. A la quarta pantalla hi ha l'opció de seleccionar una imatge (*bitmap*) per representar la comanda a la barra de botons del *GeoMedia*. En aquest cas no s'afegeix cap imatge personalitzada, ja que serà una opció del menú i no un botó el què executarà la comanda, com s'explica a l'apartat 4.5.2.3 (Afegir funcionalitat i aplicació pràctica).



II-lustració 31: Utilització de GM Command Wizard 3



II-lustració 32: Utilització de GM Command Wizard 4

Seguidament s'hauria de triar si es vol una comanda del tipus Modal o Modeless. Es selecciona Modal, que vol dir que quan s'executi la comanda prendrà el control total de l'aplicació. A continuació es pot especificar el nom del formulari i la seva posició.



II-lustració 33: Utilització de GM Command Wizard 5

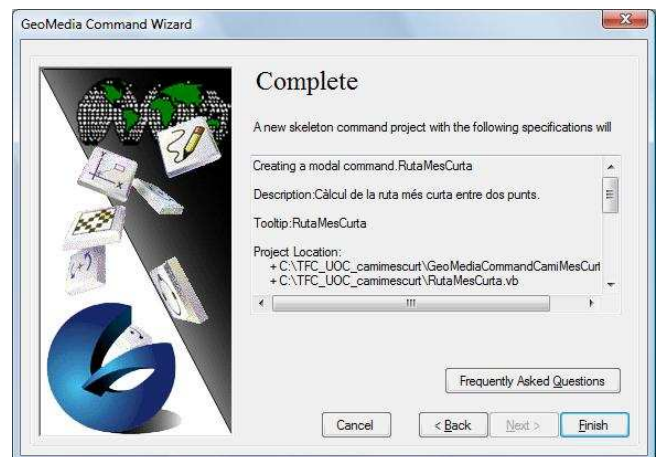


II-lustració 34: Utilització de GM Command Wizard 6

Finalment s'han d'indicar quines condicions hi hauran d'haver en el moment que s'executi la comanda. Es selecciona que ha d'haver-hi un *GeoWorkspace* obert, que com a mínim hi hagi una connexió i que aquesta sigui de lectura i escriptura. La darrera pantalla de l'assistent mostra un resum de totes les opcions seleccionades i permet generar el projecte fent clic a *Finish* o tornar enrere per canviar qualsevol opció.



II-lustració 35: Utilització de GM Command Wizard 7

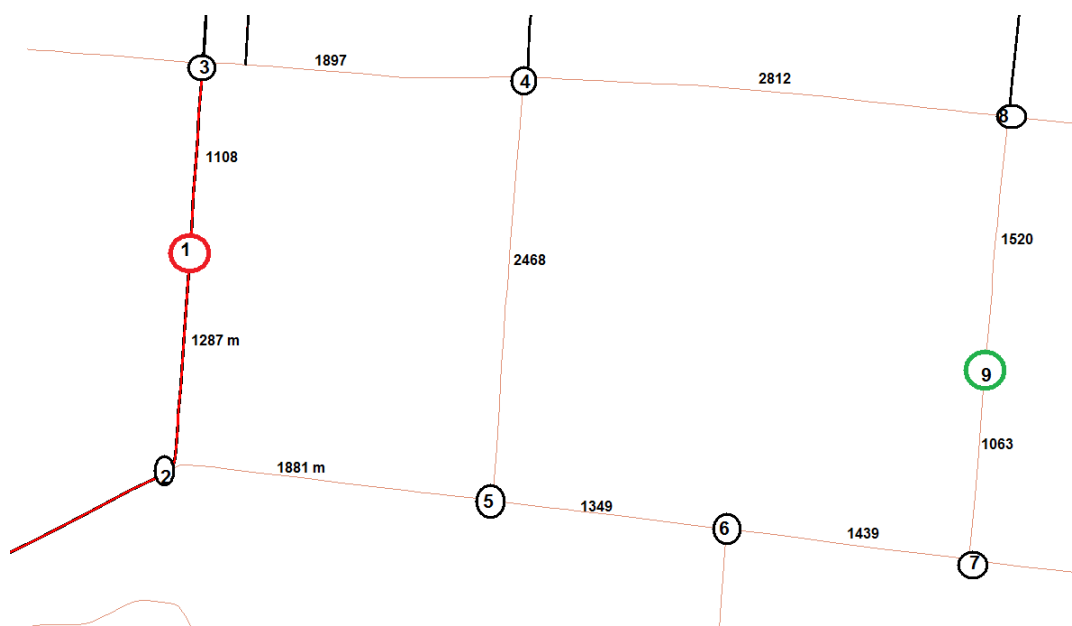


II-lustració 36: Utilització de GM Command Wizard 8

Un cop generat el projecte ja es pot començar a programar la comanda, com es veurà al següent apartat (4.5.2.2 Disseny i codificació).

4.5.3.2 Disseny i codificació

Abans de poder programar una aplicació que calculi el camí més curt s'ha de conèixer el concepte de camí més curt entre dos punts. La il·lustració 37 mostra una petita part del mapa d'Haití, on el cercle vermell indica el punt origen i el cercle verd indica el punt de destí. Les interseccions entre carreteres s'han convertit en punts intermedis (cercles negres). Cada node s'ha numerat. Cada tram de carretera té una longitud, expressada en metres. Aquest esquema és el que es coneix com a graf amb pesos: els punts origen i destí són els nodes origen i destí, els punts intermedis són els nodes intermedis, cada tram de carretera entre interseccions (nodes) són les arestes, finalment la longitud (metres) d'aquests trams representen els pesos de les arestes.



Il·lustració 37 Part mapa d'Haití convertit en graf

En aquest cas hi ha 4 possibles camins per arribar del punt 1 al punt 9:

Ruta A: 1 > 2 > 5 > 6 > 7 > 9

Ruta B: 1 > 3 > 4 > 8 > 9

Ruta C: 1 > 2 > 5 > 4 > 8 > 9

Ruta D: 1 > 3 > 4 > 5 > 6 > 7 > 9

Per calcular el camí més curt entre les quatre rutes es suma la longitud de cada aresta (tram de carretera):

Ruta A: $1287 + 1881 + 1349 + 1439 + 1063 = 7019$ metres

Ruta B: $1108 + 1897 + 2812 + 1520 = 7337$ metres

Ruta C: $1287 + 1881 + 2468 + 2812 + 1520 = 9968$ metres

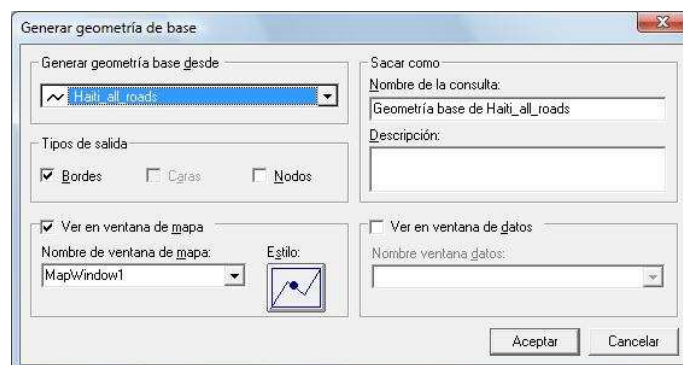
Ruta D: $1108 + 1897 + 2468 + 1349 + 1439 + 1063 = 9324$ metres

Com es pot veure la ruta òptima (camí més curt) entre els punts 1 (origen) i 9 (destí) és la ruta A. La resta de 3 rutes són camins alternatius, sent la més curta de les 3 la ruta B.

L'aplicació ha de resoldre aquest problema de forma automàtica i amb un graf que serà molt més complex que el de l'exemple.

Per poder fer-ho serà necessari crear el graf a partir de la capa de carreteres (en aquest projecte *Haiti_all_roads*). L'objectiu final és convertir cada intersecció en un node i cada tram de carretera en una aresta per poder carregar aquesta informació per tal de calcular el camí més curt. Per poder fer això s'han de fer diverses operacions amb el *GeoMedia* que detallem a continuació.

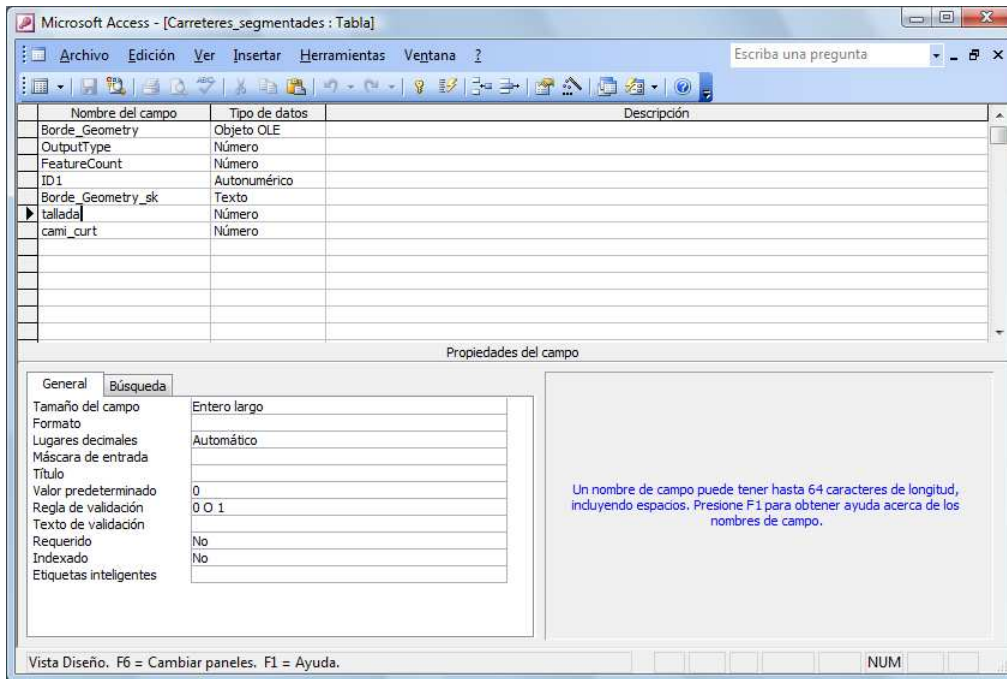
Per poder convertir les interseccions de carreteres en nodes i els trams de carreteres en arestes primer de tot s'ha de segmentar la capa de carreteres. Per fer-ho s'ha d'anar al menú "Herramientas > Generar geometría de base". Des d'aquesta funcionalitat es crearan dues noves capes: una amb la segmentació de carreteres que seran les arestes i l'altra amb les interseccions que seran els nodes. Primer es genera la capa amb les carreteres segmentades que faran la funció d'arestes en el graf. Per fer-ho, tal com mostra la il·lustració 38, s'ha de seleccionar la classe d'entitat *Haiti_all_roads* en el desplegable i marcar com a "Tipos de salida" l'opció "Bordes". Igualment s'ha d'indicar que es visualitzi a la finestra de mapa (no és necessari a la finestra de dades) i es pot especificar el nom que es vulgui per a la consulta. Per generar la capa amb les interseccions, que faran de nodes al graf, s'ha de fer el mateix però enlloc de seleccionar "Bordes" s'ha de seleccionar "Nodos".



Il·lustració 38 Generar geometría de base

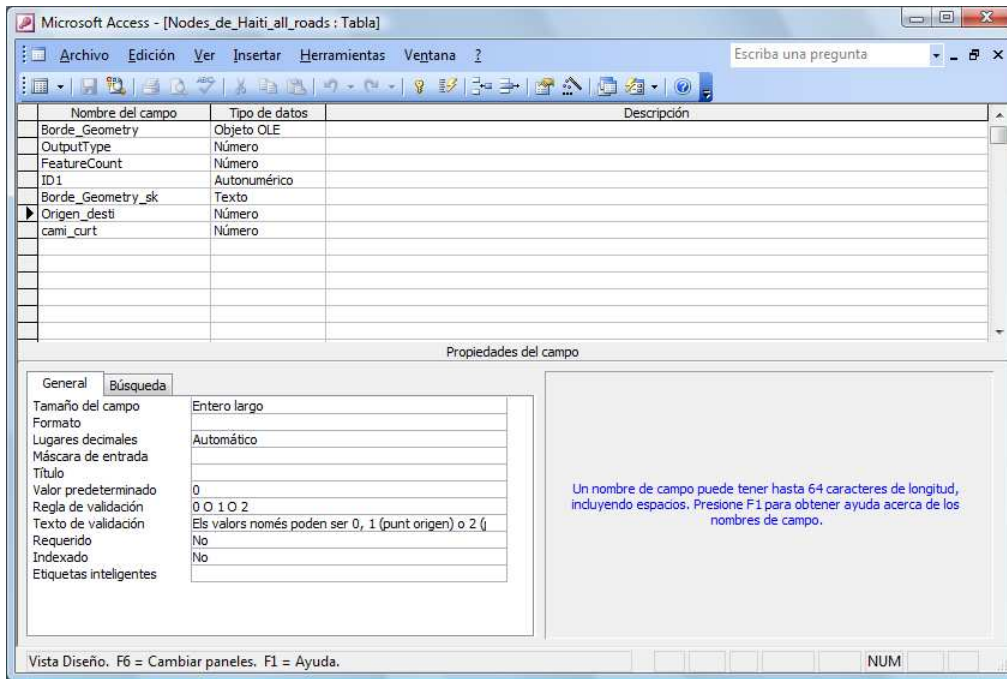
Una vegada generades aquestes dues noves geometries de base ja es disposa de la informació en el format requerit per poder carregar en un graf. Abans però, per poder manipular més fàcilment aquesta informació des del Visual Basic.NET (VB.NET) la transformarem a classes d'entitat per tal que el propi *GeoMedia* generi les corresponents taules al magatzem Access. Per fer-ho cal anar al menú "Almacén > Sacar a clases de entidad" i seleccionar, per separat, les dues consultes definides en el punt anterior.

En aquest punt s’han d’afegir els atributs “tallada” i “cami_curt” a la taula de carreteres segmentades (en aquest projecte *Carreteres_segmentades*), tal com mostra la il·lustració 39. El dos nous camps de la base de dades s’han de definir del tipus “Entero largo” i crear una regla de validació on només es permeti introduir el valor 0 o el valor 1. El primer atribut indicarà si un tram de carretera està tallat (valor 1) o és transitable (valor 0). L’atribut “cami_curt” servirà per, una vegada trobat el camí més curt, saber per quins trams de carretera passa (els trams de carretera per allà on passa el camí més curt tindran el valor 1 i la resta el valor 0).



Il·lustració 39 Nous atributs a *Carreteres_segmentades*

Aquest mateix atribut “cami_curt” s’ha de crear amb les mateixes característiques a la taula generada pels nodes (en aquest projecte *Nodes_de_Haiti_all_roads*). A més s’ha de crear un altre atribut anomenat “Origen_desti”, també del tipus “Entero largo” però en aquest cas, i mitjançant una regla de validació només ha de permetre tres valors: 0 (node intermedi), 1 (node origen), 2 (node destí). Igualment, com es pot veure a la il·lustració 40, s’afegeix un text de validació. Cal destacar que serà l’usuari qui indicarà el punt origen i el punt destí de la seva ruta, aquests punts poden ser en nodes existents o en qualsevol altre punt que toqui amb una carretera, camí o carrer. Gràcies a aquest atribut en el moment de fer el càlcul del camí més curt es coneixerà el node inici i el node final.



II-lustració 40 Atributs de la taula Nodes_de_Haiti_all_roads

Finalitzats els passos anteriors al *GeoMedia* i al magatzem *Access* ja hi ha totes les dades en el format necessari per poder carregar-les al graf, on els nodes o vèrtexs són les interseccions entre trams de carreteres i les arestes els trams de carreteres. En aquest punt s'ha de començar a programar en VB.NET. El següent codi mostra l'estructura del graf en VB.net:

```
Public Structure DijkArestes
    Public longitud As Integer      'distància al vèrtex que té connexió
    Public destination As Integer  'nom del vèrtex que està connectat a
    Public codiaresta As Integer   'Identifica l'aresta amb l'ID
End Structure

Public Structure Vertex
    Public connections() As DijkArestes
    Public numConnect As Integer   'número de connexions - 1
    Public distance As Integer     'distància de tots els altres vèrtexs
    Public isDead As Boolean       'distància calculada
    Public name As Integer        'nom del vèrtex (en format numèric)
    Public predecessor As Integer  'Indica el node predecessor que forma el camí més
    Public aresta As Integer      'Indica l'aresta que forma el camí més curt
End Structure
```

El pes de les arestes serà la longitud del tram de carretera o carrer, ja que l'objectiu és trobar el camí més curt entre dos punts. Per calcular el camí més curt s'utilitza l'algorisme de Dijkstra.

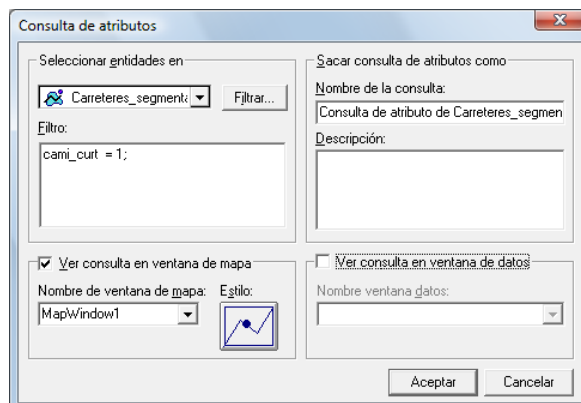
L'algorisme de Dijkstra deu el seu nom al matemàtic i informàtic holandès Edsger Wybe Dijkstra, que l'any 1959 va desenvolupar l'algorisme per calcular el camí més curt entre un vèrtex origen a la resta de vèrtexs, en un graf dirigit i amb pesos no negatius a cada aresta.

La idea subjacent en aquest algorisme consisteix en anar explorant tots els camins més curts que parteixen del vèrtex (node) origen i que porten a tots els altres vèrtexs, quan s'obté el camí més curt des del vèrtex origen, a la resta de vèrtexs que formen el graf, l'algorisme s'atura. L'algorisme és una especialització de la cerca de cost uniforme, i com a tal, no funciona en grafs amb arestes de cost negatiu. En el cas d'aquest projecte l'algorisme de Dijkstra, degudament adaptat a les necessitats específiques de la cerca de rutes òptimes, retorna el recorregut que segueix el camí més curt entre el punt origen i el punt destí indicats. Concretament retorna els trams de carreteres i els nodes per on passa aquest camí més curt. Igualment retorna la distància (en metres) que separa els dos punts.

Un cop aplicat l'algorisme de Dijkstra que ens ha cercat el camí més curt s'han d'actualitzar els atributs dels trams de carreteres (classe d'entitat "Carreteres_segmetnades") i nodes ("Nodes_de_Haiti_all_roads") que formen el camí més curt.

Cal destacar que abans d'executar l'algorisme del camí més curt s'ha posat a 0 l'atribut "cami_curt" de tots els registres de les classes d'entitat "Carreteres_segmentades" i "Nodes_de_Haiti_all_roads" per tal que no hi hagi cap incongruència en les dades del camí més curt una vegada calculada la nova ruta.

Finalment per tal que l'usuari visualitzi per pantalla la ruta més curta s'han de definir dues consultes al *GeoMedia* que seran les que mostraran el camí més curt d'un color diferent. En els dos casos són consultes d'atributs. En el primer cas s'ha de seleccionar l'entitat "Carreteres_segmentades", i en el segon "Nodes_de_Haiti_all_raods". Com mostra la il·lustració 41 s'ha de filtrar la consulta perquè només mostri els elements que tinguin l'atribut cami_curt a 1. Cal d'estacar que fent clic al botó "Estilo" es podrà especificar el color i la mida de la línia que mostrarà la ruta més curta entre el punt origen i el punt destí. Aquestes dues consultes s'han d'afegir a la llegenda per sobre de la capa *Haiti_all_roads*.



Il·lustració 41 Consulta d'atributs camí més curt

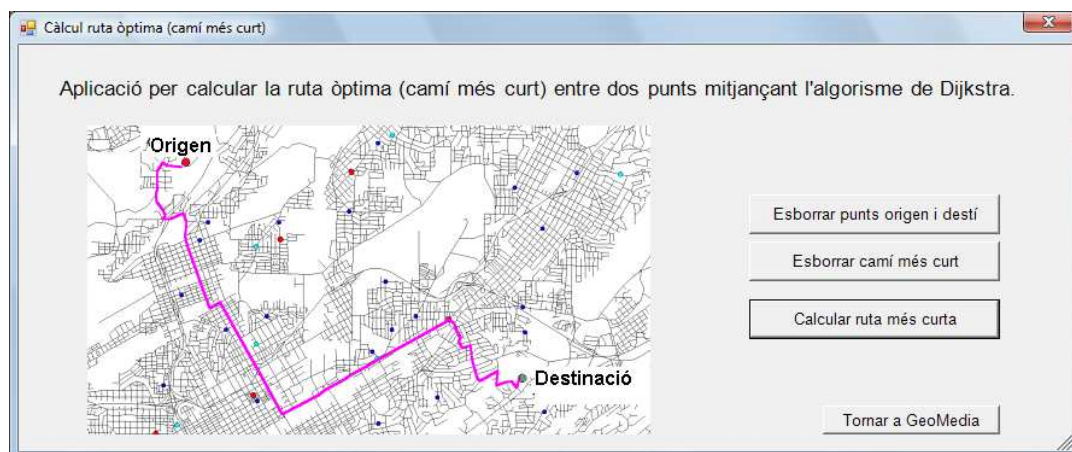
4.5.3.3 Afegir funcionalitat i aplicació pràctica

Finalment per poder utilitzar la comanda programada s'ha de generar la DLL (*Dynamic Link Library*, biblioteca d'enllaç dinàmic) i registrar-la. Per generar la DLL és suficient fer-ho des del menú Generar del *Visual Studio*. Si trobés algun error en el codi informaria d'un error en la generació. L'aplicació genera la DLL al directori bin\release de la carpeta del projecte. Una DLL és un format de fitxer de codi executable que és carregat a petició d'un programa (en aquest cas serà el *GeoMedia*) per part del sistema operatiu.

Una vegada generada la DLL s'ha de registrar perquè el *GeoMedia* la reconegui. Per fer-ho s'ha d'obrir la línia de comandes i executar la utilitat que en proporciona el propi *GeoMedia* que és *InstallAppCmd*. **Un cop registrada només resta afegir-la al menú de *GeoMedia* per poder-la utilitzar.**

Per una explicació detallada de tot el procés d'instal·lació es poden consultar les pàgines 2, 3 i 5 del *Manual d'instal·lació i funcionament*.

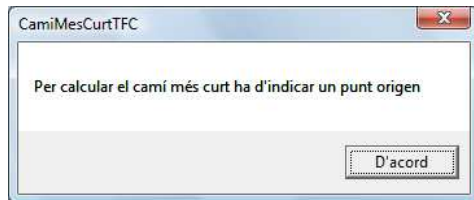
La il·lustració 42 mostra l'aspecte de la comanda programada en VB.NET. Des d'aquesta pantalla és on es pot executar la cerca de la ruta més curta entre el punt origen i el punt destí. També permet esborrar la traça del camí més curt cercat anteriorment, i també esborrar els punts inici i destí per poder-los indicar en una altra ubicació. A continuació s'explica breument les funcionalitats de cada botó.



Il·lustració 42 Aspecte de l'aplicació "Càlcul de ruta òptima" integrada en el *GeoMedia*

El primer botó és "Esborrar punts origen i destí". Si es fa clic sobre aquesta opció s'esborrarà el punt origen i el punt destí per així posteriorment definir nous punts per calcular noves rutes. De la mateixa manera el botó "Esborrar camí més curt" eliminarà la traça de la ruta més curta cercada anteriorment, deixant el mapa amb la visualització estàndard, que mostra la xarxa de carreteres, indicant les tallades de color negre. El tercer botó és "Calcular ruta més curta", el qual executa la funcionalitat principal de

l'aplicació. Si es fa clic en el botó començarà la cerca de la ruta òptima (camí més curt) entre el punt origen i el punt destí especificats en el mapa (a través de la inserció de punts a la capa de "Nodes_de_Haiti_all_roads" del *GeoMedia*). Si no s'ha especificat el punt origen o el punt destí l'aplicació informarà a l'usuari que per calcular el camí més curt es necessiten aquest dos punts. La il·lustració 43 mostra el missatge d'avís. En el cas que s'hagi indicat un punt origen o destí que no estigui a cap camí o carretera del mapa l'aplicació també mostrarà un avís com el de la il·lustració 44.

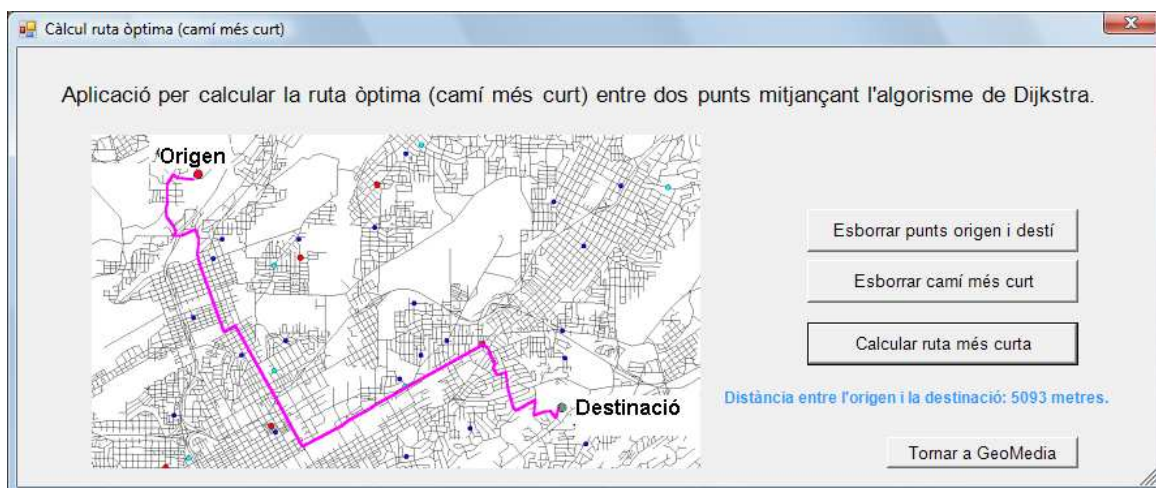


Il·lustració 43 Avís falta punt origen



Il·lustració 44 Avís punt origen incorrecte

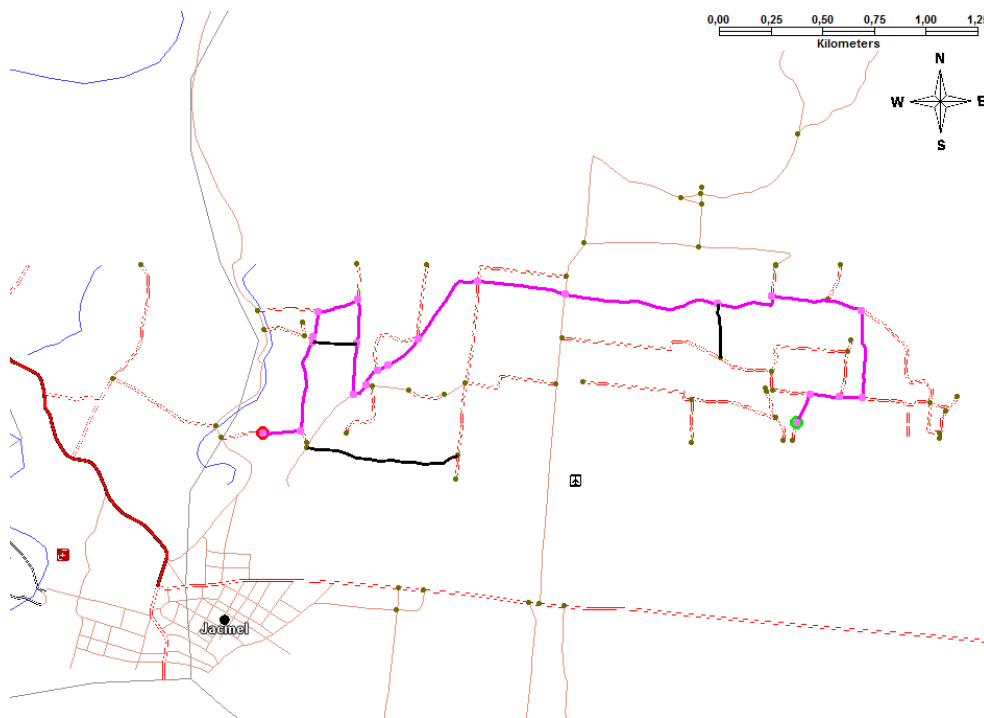
En cas que el punt origen i el punt destí siguin correctes l'aplicació calcularà la ruta per on passa el camí més curt i els metres que separen els dos punts seguint aquesta ruta. Un cop hagi acabat el càlcul mostrarà a la pantalla, just a sota del botó "Calcular ruta més curta", tal com mostra la il·lustració 45, la distància (en metres) que separa els dos punt.



Il·lustració 45 L'aplicació mostra la distància entre els dos punts

Una vegada calculada la ruta òptima per visualitzar-ne l'itinerari sobre el mapa s'ha de fer clic al botó "Tornar a GeoMedia" i en el menú "Almacén" de GeoMedia seleccionar l'opció "Actualizar con cambios de almacén". Automàticament per pantalla es visualitzarà la ruta més curta que uneix l'origen i el destí de color rosa, tal com mostra la il·lustració 50.

La il·lustració 46 mostra el traçat del camí més curt en un trajecte que transcorre a les rodalies de la ciutat de Jacmel. Com hem dit el camí més curt es mostra de color rosa. El punt origen es mostra de color vermell i el punt destí de color verd. En aquesta il·lustració es mostra el mapa sense l'ortofoto de fons. Si l'usuari ho desitja es pot visualitzar la mateixa informació amb l'ortofoto com a imatge de fons.



Il·lustració 46 Visualització del camí més curt sobre el mapa

4.6 Possibles línies de continuació

En aquest capítol es descriuen les possibles línies de continuació i millora del projecte, ja sigui per afegir noves funcionalitats o per optimitzar les ja implementades.

- **Optimització de la càrrega del graf:** al generar els nodes i les arestes de la capa de carreteres i carrers d'Haití, per tal de carregar el graf i posteriorment trobar el camí més curt, generava més de 16.000 interseccions (nodes). El mètode actual de càrrega de dades del graf és poc eficient ja que arribava a tardar més d'una hora per carregar les dades del graf. Per això s'ha optat per reduir la superfície on està habilitada la cerca de la ruta més curta. Finalment es carreguen uns 400 nodes, tardant entre un i dos minuts a fer la cerca del camí més curt. Per fer aquesta càrrega actualment es realitzen múltiples lectures a les finestres de dades del GeoMedia, mètode que ha resultat poc eficient. Per això una millor important a realitzar al present projecte és la millora de la càrrega de dades al graf per poder fer les cerques a la xarxa de carreteres i carrers de tot el país, i no només d'una petita regió.
- **Cercar una ruta alternativa:** una nova funcionalitat a implementar és que a part de la ruta òptima (la més curta) l'aplicació cerqués una ruta alternativa. És a dir, l'aplicació hauria de cercar dues rutes: la més curta (funcionalitat ja operativa) i una ruta diferent a aquesta com alternativa per arribar de l'origen al destí.

5 Valoració econòmica

En aquest capítol es detalla el cost econòmic del projecte i es compara amb l'alternativa a la no realització del projecte.

Per realitzar el projecte s'han necessitat unes 250 hores, el que equival a 6 setmanes per un treballador a jornada completa. Es consideren uns 2.500 € mensuals el cost per l'empresa d'un enginyer tècnic informàtic (sou brut + cotitzacions a la SS), per tant es considera que el cost de personal per part de l'empresa és d'uns 3.750 €.

En el següent quadre es detallen les despeses directes i indirectes.

Despesa	Tipus Despesa	Cost (€)	Prorrata (€)
Llicència <i>GeoMedia Professional 6.1</i>	Directa	12.000	1.200
Llicència <i>Visual Studio 2005</i>	Directa	800	80
Equip informàtic	Directa	1.000	100
Mà d'obra	Directa	3.750	3.750
Lloguer oficina (1.000 €/mes)	Indirecte	1.500	150
Altres despeses (400 €/mes)	Indirecte	600	60
TOTAL			5.340 €

El cost total del desenvolupament de l'aplicació és d'uns 5.300 €. L'alternativa a les funcionalitats de l'aplicació és el disseny de mapes a mà, havent de dissenyar un mapa per cada ruta òptima que es cerqui. Es considera que un enginyer geomàtic i topogràfic pot realitzar el càlcul de la ruta més curta i la confecció del mapa de forma manual amb unes 2 hores de mitjana, segons la dificultat de cada ruta.

Considerant que el sou del topògraf fos semblant al de l'enginyer tècnic informàtic (16 €/hora), i que les despeses diferents a la mà d'obra fossin les mateixes (1590 €) s'haurien de realitzar més de 120 plànols de rutes òptimes (tindrien un cost de 5430 €) perquè l'aplicació surti rendible respecte la realització manual dels plànols. D'altra banda cal destacar que també s'ha de considerar la major rapidesa en obtenir els plànols amb l'aplicació informàtica de cerca de rutes òptimes respecte la realització del càlcul i edició del plànol de forma manual.

Per fer aquesta aproximació pressupostària s'ha considerat que l'empresa que desenvolupa l'aplicació és una PIME, i s'ha calculat amb una amortització (prorrata) del 10%.

6 Conclusions

Com a síntesi final es realitza una valoració del TFC fet. S'examina si s'han complert els objectius inicials i les dificultats trobades en una valoració personal.

- **Valoració d'objectius**

Els objectius generals i específics descrits al punt 4.1.2 d'aquesta memòria s'han assolit completament de forma satisfactòria.

- **Experiència personal**

L'autor d'aquest treball no tenia cap tipus de coneixement previ sobre *GeoMedia* ni sobre els SIG en general. Només tenia nocions bàsiques de cartografia, per la qual cosa el repte de desenvolupar correctament aquest projecte era important. Per això l'esforç de conèixer què és un SIG, i com funciona el *GeoMedia* ha estat molt gran. La valoració d'aquest esforç és molt positiva, ja que ha permès el coneixement de què és un SIG i l'ús del *GeoMedia Professional* per crear cartografia i manipular-la. Les hores dedicades tenien una compensació evident al veure els importants progressos en l'elaboració de la cartografia d'Haití.

Respecte la programació de l'aplicació en Visual Basic.NET (VB.NET) enllaçada a l'entorn de treball del *GeoMedia* la valoració és lleugerament diferent. L'autor del TFC tenia certa experiència en programació en VB.NET però no en la programació d'aplicacions per *GeoMedia*, ja que com s'ha dit anteriorment no tenia cap experiència en l'ús dels SIG. El desenvolupament de l'aplicació és el què ha resultat més dur del projecte. Primer amb la instal·lació errònia a través del *CommandWizard* de les biblioteques del *GeoMedia*, fet que va provocar la pèrdua de diversos dies només dedicats a poder registrar i utilitzar els citats components. D'altra banda la implementació de l'algorisme de Dijkstra ha resultat molt més feixuga del previst. Per una banda per aconseguir crear els nodes (interseccions de carreteres i finals de carrer) i les arestes (trams de carreteres) a partir de la capa de carreteres. I d'altra banda la càrrega de les dades al graf per aplicar l'algorisme de Dijkstra ha estat més problemàtica del previst. Un dels problemes trobats és la poca documentació que hi ha sobre la programació d'aplicacions per *GeoMedia* en VB.NET. A Internet no hi ha pràcticament informació al respecte. Exclusivament hi ha dos manuals editats per *Intergraph* subministrats amb el propi *GeoMedia*, on s'han trobat a faltar més exemples.

Tot i les dificultats descrites el projecte ha resultat reeixit, i la valoració global és positiva, en especial pels coneixements nous adquirits en un camp de gran interès.

7 Glossari

Base de dades

Conjunt de fitxers on s'emmagatzema informació amb una estructura determinada per tal de optimitzar l'accés i gestió de la mateixa.

Base de dades gràfica

Base de dades en que a part d'informació textual o numèrica s'emmagatzema informació de caràcter gràfic, com poden ser punts, línies o polígons. Son les utilitzades pels SIG.

CAD

Acrònim angles de *Computer Aided Design*. Programari utilitzat per disseny gràfic.

Cartografia

Art de traçar mapes o cartes geogràfiques.

Coordenada

Qualsevol de dues o més magnituds que determinen la posició d'un element espacial (un punt, un pla, etc.).

Datum

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

El.lipsoide

Superfície formada per la revolució d'una el·lipse al voltant del seu eix menor.

El.lipsoide de Referència

El.lipsoide usat en geodèsia per a simular la superfície de la terra. És la figura geomètrica que més s'aproxima al Geoide amb una aproximació matemàtica senzilla.

Entitat

Sinònim de classe en Geomedia.

Equador

Paral·lel de major radi, que divideix l'esfera terrestre en dos hemisferis: Nord i Sud.

Escàner

Sensor òptic acoblat a un dispositiu d'escombrat per a la digitalització de documents.

Fus

Secció de la terra limitada per dos meridians.

Geoide

Superfície de nivell equipotencial en el camp de la gravetat terrestre.

Georeferenciar

Assignar coordenades geogràfiques a un objecte o estructura.

GIS

Acrònim angles de *Geographical Information System*.

GPS

Global Positioning System, Sistema de posicionament a través de satèl·lit.

Greenwich

Ciutat anglesa emplaçada al SE de Londres que serveix com a referència de pas del Meridià 0°.

Latitud

Angle que forma un punt sobre un meridià i l'Equador.

Longitud

Angle que forma la projecció d'un punt amb el meridià de referència.

Meridià

Intersecció d'un pla que conté l'eix de la terra amb la superfície d'aquesta.

Paral·lel

Línies d'intersecció entre els infinits plans perpendiculars a l'eix de la terra i la superfície d'aquesta.

WGS84

World Geodetic System 1984. Datum utilitzat per elaborar la cartografia d'Haití.

8 Bibliografia

- B1 **Pérez Navarro, Antoni; Plana Botella, Albert; Muñoz Bollas, Anna; Olivella, Rosa; Olmedillas Hernández, Joan Carles i Rodríguez Lloret, Jesús (2009)** “Sistemes d'informació geogràfica i geotelemàtica”, Fundació Universitat Oberta de Catalunya.
- B2 **Bossler, John D.; Campbell, James B.; McMaster, Robert B. i Rizos, Chris (2010)** “Manual of geospatial science and technology (Second Edition)”, CRC Press Taylor & Francis Group.
- B3 **Rigaux, Philippe; Scholl, Michel i Voisard, Agnès (2002)** “Spatial Databases, With application to GIS”, Academic Press (Morgan Kaufmann Publishers).
- B4 **Limp, W. Fredrick i Harmon, Debbie (1998)** “Inside GeoMedia”, Onword Press.
- B5 **Intergraph (2008)**, “Manual de usuario de GeoMedia Professional”, Intergraph Corporation.
- B6 **Brewer, Cynthia A. (2005)**, “Designing better maps. A guide for GIS users”, ESRI Press.
- B7 **Intergraph (2007)**, “Building on the GeoMedia Professional Engine”, Intergraph Corporation

B8 **Intergraph (2007)**, “GeoMedia Professional Object Reference”, Intergraph Corporation

B9 **Intergraph (2007)**, “Command Wizard Help”, Intergraph Corporation

B10 **Kolotilov, Pavel (2010)**, “Implementación de un procedimiento para la detección y eliminación de entidades duplicadas. Aplicación a los procesos de expropiación”, Universitat Oberta de Catalunya

B11 **Pont i Montaner, Tomàs (2006)**, “Construcció d’un SIG de base municipal amb assignació automàtica del nom de carrer a les illes d’habitatges d’una determinada població”, Universitat Oberta de Catalunya

BW1 <http://www.enciclopedia.cat/> Grup Enciclopèdia Catalana

BW2 <http://ca.wikipedia.org> Viquipèdia (Wikimedia Foundation, Inc.)

BW3 <http://mathworld.wolfram.com/> **Eric W. Weisstein**, Wolfram Research

BW4 <http://www.wolframalpha.com/> Wolfram Research

BW5 <http://www.sinfogeos.es/es/blog-geomatica/item/7-crear-un-comando-con-vb6-para-geomedia.html> Formación sin fgeo

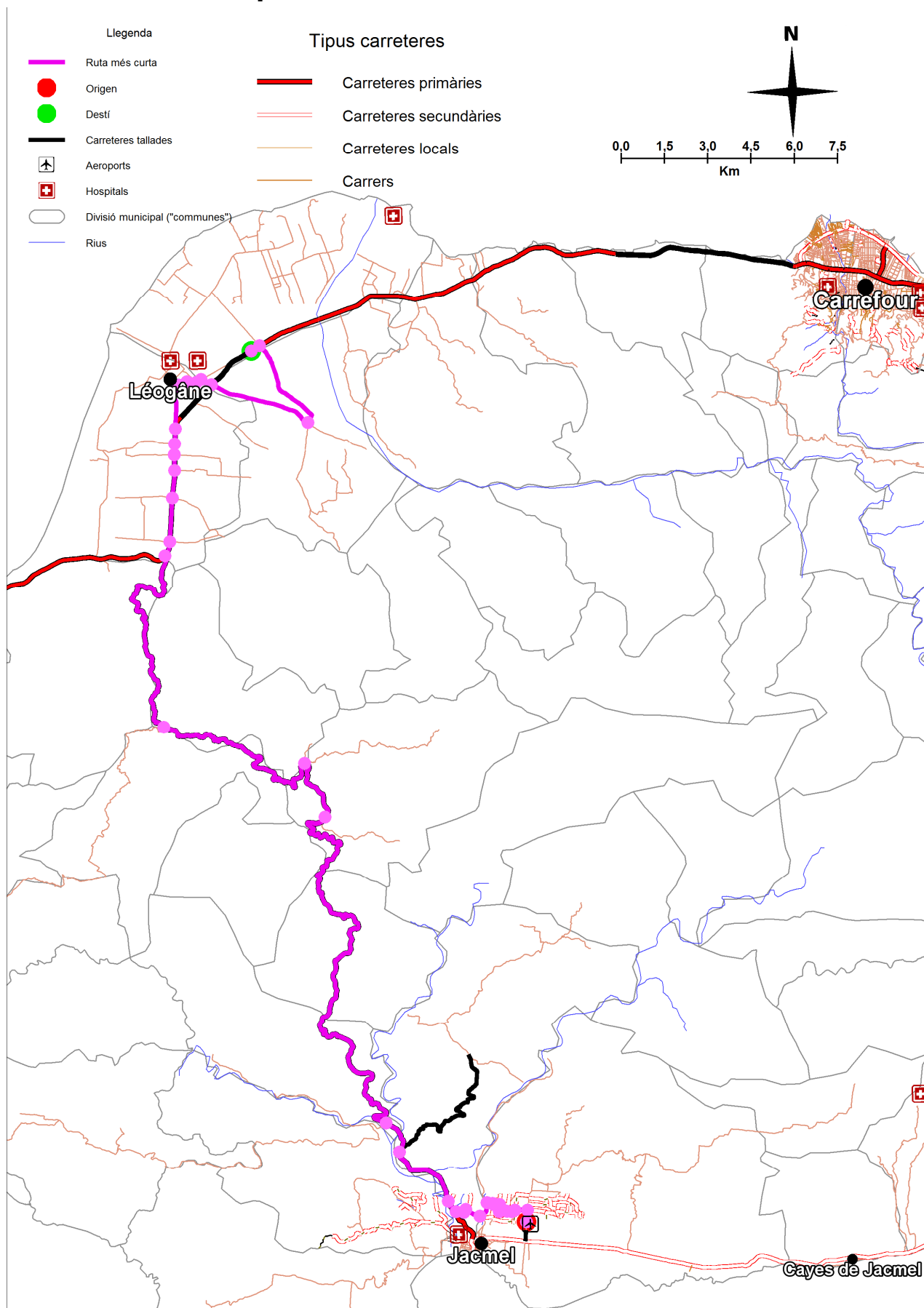
BW6 http://www.ifors.ms.unimelb.edu.au/tutorial/dijkstra_new/index.html Dijkstra's Algorithm, University of Melbourne

BW7 http://en.giswiki.net/wiki/Dijkstra%27s_algorithm GISWIKI Dijkstra's algorithm

BW8 <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20101031090616AAmLJ4N> Listados de nodos para el camino más corto.

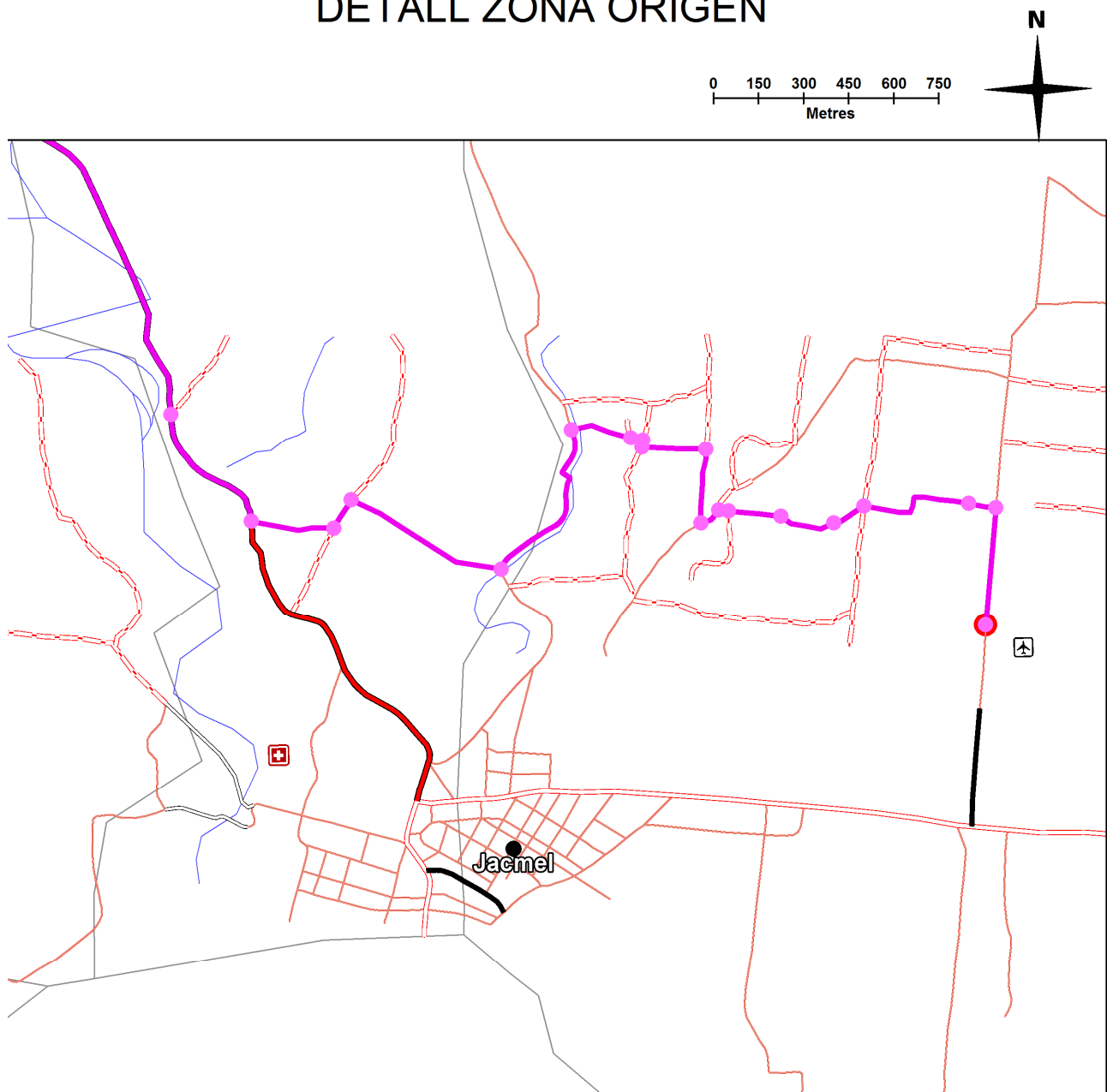
BW9 <http://geocommons.com/overlays/20302> Font de la capa de carreteres de la cartografia d’Haití.

9 Annex 1: plànols model



II-lustració 47 Plànol model: vista general de la ruta més curta

DETALL ZONA ORIGEN



Llegenda

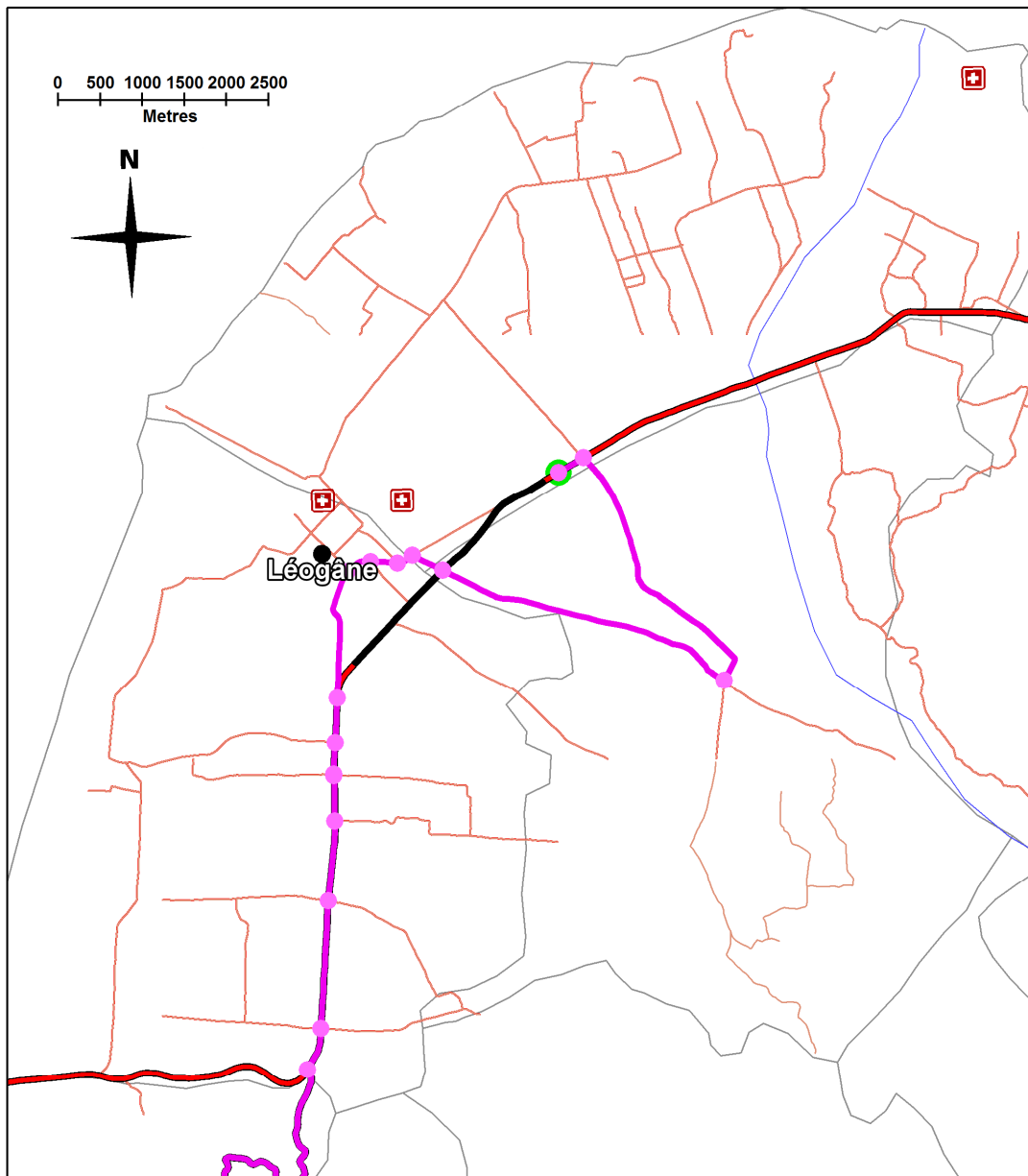
- Ruta més curta
- Origen
- Destí
- Carreteres tallades
- Aeroports
- Hospitals
- Divisió municipal ("communes")
- Rius

Tipus carreteres

- Carreteres primàries
- Carreteres secundàries
- Carreteres locals
- Carrers

Il·lustració 48 Plànol model: detall del punt origen





DETTALL ZONA DESTÍ



Llegenda

-  Ruta més curta
-  Origen
-  Destí
-  Carreteres tallades
-  Aeroports
-  Hospitals
-  Divisió municipal ("communes")
-  Rius

Tipus carreteres

-  Carreteres primàries
-  Carreteres secundàries
-  Carreteres locals
-  Carrers

II-lustració 49 Plànol model: detall de la zona destí

10 Annex 2: codi de l'aplicació

```

Option Explicit On
Imports Application = Intergraph.GeoMedia.GeoMedia.Application
Imports PClient = Intergraph.GeoMedia.PClient
Imports PBasic = Intergraph.GeoMedia.PBasic
Imports GeoMathSvc = Intergraph.GeoMedia.GeoMathSvc
Imports PPipe = Intergraph.GeoMedia.PPipe
Imports PView = Intergraph.GeoMedia.PView
Imports GDO = Intergraph.GeoMedia.GDO
Imports Windows = Intergraph.GeoMedia.GeoMedia.Windows
Imports PDBPipe = Intergraph.GeoMedia.PDBPipe
Imports GMMMapView = Intergraph.GeoMedia.MapviewLib.GMMMapView
Imports GMDataView = Intergraph.GeoMedia.DataviewLib.GMDataView
Imports GeoMedia = Intergraph.GeoMedia.GeoMedia
Imports Topology1 = Intergraph.GeoMedia.Topology

Public Class frmCamiMesCurtTFC
    Dim GeoApp As Application
    Dim GMMMapView1 As New GMMMapView
    Dim objDB As GDO.GDatabase
    Dim RS1, RS2 As GDO.GRecordset
    Dim finestradades As GMDataView
    Dim finestradadesTallades As GMDataView
    Dim finestradadesLongitud As GMDataView
    Dim finestradadesNodes As GMDataView
    Dim finestradadesNodes2 As GMDataView
    Dim proces As Process
    Dim nodeCount As Integer 'S'han d'indicar el nombre de nodes del mapa -1
    Dim rutabd As String

    Public Structure DijkArestes
        Public longitud As Integer 'distància al vèrtex que té connexió (distància del tram de
carretera)
        Public destination As Integer 'nom del node amb què connecta l'aresta
        Public codiaaresta As Integer 'Identifica l'aresta amb l'ID (és cada tram de carretera)
    End Structure

    Public Structure Vertex
        Public connections() As DijkArestes 'Conté la informació per cada connexió
        Public numConnect As Integer 'número de connexions - 1
        Public distance As Integer 'distància de tots els altres vèrtexs
        Public isDead As Boolean 'distància calculada (es marca el vèrtex com a "mort")
        Public name As Integer 'nom del vèrtex (en format numèric)
        Public predecessor As Integer 'Indica el node predecessor que forma el camí més curt
        Public aresta As Integer 'Indica l'aresta que forma el camí més curt
    End Structure

    Private Sub frmCamiMesCurtTFC_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
MyBase.Load
        Dim numregistres As Integer

        GeoApp = GetObject(, "Geomedia.Application")
        GMMMapView1 = GeoApp.ActiveWindow.MapView
        objDB = CreateObject("Access.GDatabase")

        rutabd = "C:\TFC_UOC_SIG_albertpares\GeoWorkspace\haiti_ok.mdb"
        Try
            objDB.OpenDatabase(rutabd)
        Catch
            'Si no ha pogut obrir la base de dades a la ruta per defecte demana la ruta a l'usuari
            rutabd = (InputBox("Ruta de la base de dades: ", "Indicar la ruta de la base de dades (fitxer
.mdb)"))
            objDB.OpenDatabase(rutabd)
        End Try
        'Recompte del nombre de nodes
        RS1 = objDB.OpenRecordset("Nodes_de_Haiti_all_roads", GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
        numregistres = 0
        Do While Not RS1.EOF
            numregistres = numregistres + 1
            RS1.MoveNext()
        Loop
        RS1 = Nothing
        nodeCount = numregistres - 1 'El 0 és el primer registre
        MsgBox("nombre de nodes:" + (nodeCount + 1).ToString) 'numregistres.ToString)
        'proces = Process.GetCurrentProcess
    End Sub

    Private Sub Command1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btnCalcularRuta.Click
        Dim numregistres As Integer
        Const infinity As Integer = 150000 'nombre més gran que la distància màxima
        Dim i, ivl As Integer 'loop counter, loop counter vector longitud/camí mes curt

```

TFC – SIG - Anàlisi bàsic de rutes òptimes a zones de catàstrofe

```

Dim j As Integer           'loop counter
Dim sourceP As Integer    'punt per determinar la distància des de tots els nodes (punt
origen)
Dim destinationP As Integer 'punt destí

Dim graph(nodeCount) As Vertex 'tota la informació per cada node (veure declaració Vertex més
amunt)
Dim vectorIDNodes(nodeCount) As Integer 'Vector per guardar l'ID real de tots els nodes
Dim nextP As Integer      'punt més proper que no s'hagi calculat ("no mort")
Dim min As Integer        'distància del punt més proper "no mort"
Dim sortir, haentrat As Boolean
Dim NumFila, NumFila2 As Integer
Dim longitud, idcarretera, idnode, idnode2, idaresta, idaresta2, sql As String
Dim columnalongitud, columnaid, idinterseccio, numarestes, numaresta, nodeprecedent As Integer
Dim aresta_cmc As Integer 'Aresta Camí Més Curt

'PASSOS PER TROBAR EL CAMI MÉS CURT ENTRE DOS PUNTS:
'Passos previs
'1 - Actualitzem tots els segments de carretera com si no estiguessin tallats
sql = "select * from Carreteres_segmentades"
RS2 = objDB.OpenRecordset(sql, GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
RS2.MoveFirst()
While Not RS2.EOF
    RS2.Edit()
    RS2.GFields("tallada").Value = 0
    RS2.Update()
    RS2.MoveNext()
End While
RS2 = Nothing
'2 -Actualitzem els segments de carretera que estan tallats segon la capa Haiti_all_roads
finestradesTallades = GeoApp.Windows.Item(7).DataView 'VentanaDeDatosSegmentsTallats
For i = 0 To finestradesTallades.TotalRowCount - 2 'Sempre hi ha un últim registre en blanc de
més, per això és -2
    finestradesTallades.FieldNameToColumnNumber("ID1", columnaid)
    finestradesTallades.GetCellString(i, columnaid, idnode)
    sql = "select * from Carreteres_segmentades where ID1=" + idnode.ToString
    RS1 = objDB.OpenRecordset(sql, GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
    RS1.Edit()
    RS1.GFields("tallada").Value = 1
    RS1.Update()
    RS1 = Nothing
Next
'0 - COMPROVAR QUE EXISTEIX (I NOMÉS N'HI HA UN DE CADA) PUNT INICI I PUNT FINAL A LA CAPA DE
NODES:
RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Nodes_de_Haiti_all_roads where Origen_desti=1",
GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
numregistres = 0
Do While Not RS1.EOF
    numregistres = numregistres + 1
    RS1.MoveNext()
Loop
RS1 = Nothing
If numregistres = 1 Then
    RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Nodes_de_Haiti_all_roads where Origen_desti=2",
GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
    numregistres = 0
    Do While Not RS1.EOF
        numregistres = numregistres + 1
        RS1.MoveNext()
    Loop
    RS1 = Nothing
    If numregistres = 1 Then
        '1 - GENERAR EL GRAF, AMB EL PUNT INICI I EL PUNT DESTÍ COM A NODES ORIGEN I DESTI, CADA
INTERSECCIÓ DE
        'CARRETERA SERÀ UN NODE, CADA TRAM DE CARRETERA ENTRE INTERSECCIONS (NODES) SERÀ UNA
ARESTA,
        'EL PES DE LA QUAL SERÀ LA SEVA LONGITUD. NOMÉS ES TINDRAN EN COMPTE LES ENTITATS QUE
TINGUIN TALLADA=0
        '(LES TALLADA=1 NO ES FARAN SERVIR PER GENERAR EL GRAF)

'Fer bucle a la taula Nodes_de_Haiti_all_roads que són tots els nodes.
'Si l'atribut origen_desti = 1 vol dir que és el punt origen (sourceP)
'Si l'atribut origen_desti = 2 vol dir que és el punt destí (destinationP)
'S'ha de mirar les arestes (carreteres) que connecten el punt origen i destí. Si no connecta amb cap
'carretera s'haurà de mostrar un missatge i cancel·lar el càlcul.
lblEsperi.Visible = True
'Esborrem el camí més curt cercat anteriorment:
RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Nodes_de_Haiti_all_roads where cami_curt=1",
GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
Do While Not RS1.EOF
    RS1.Edit()
    RS1.GFields("cami_curt").Value = 0
    RS1.Update()
    RS1.MoveNext()
Loop

```

```

RS1 = Nothing
RS2 = objDB.OpenRecordset("select * from Carreteres_segmentades where cami_curt=1",
GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
Do While Not RS2.EOF
    RS2.Edit()
    RS2.GFields("cami_curt").Value = 0
    RS2.Update()
    RS2.MoveNext()
Loop
RS2 = Nothing
lblDistancia.Visible = False
ProgressBar1.Maximum = (nodeCount * 3) + 1
ProgressBar1.Visible = True
ProgressBar1.Value = 0
'Creem lea finestra de dades on hi ha les carreteres i la seva longitud
finestradesLongitud = GeoApp.Windows.Item(3).DataView 'VentanaDeDatosLongitudCarreteres
'Comprovem el nombre d'arestes que té el node origen i carregem les dades
finestrades = GeoApp.Windows.Item(5).DataView 'VentanaDeDatosCarreteresOrigen
If finestrades.TotalRowCount > 1 Then 'Comprova que el punt origen toqui amb alguna
carretERA
    finestrades = Nothing
'Comprovem el nombre d'arestes que té el node destí i carregem les dades
finestrades = GeoApp.Windows.Item(6).DataView 'VentanaDeDatosCarreteresDesti
If finestrades.TotalRowCount > 1 Then 'Comprova que el punt destí toqui amb alguna
carretres
    'Carrega de dades de tots els nodes per analitzar les distàncies.
    RS1 = objDB.OpenRecordset("Nodes_de_Haiti_all_roads",
GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)

    'Carreguem el vector amb tots els id's de node. Així podrem identificar cada vèrtex
amb un número del 0 al nodeCount-1
    i = 0
    While Not RS1.EOF
        vectorIDNodes(i) = RS1.GFields("ID1").Value 'Només assigna un element
        i = i + 1
        RS1.MoveNext()
    End While
    RS1.MoveFirst()
    numregistres = -1

    'Bucle per carregar tots els nodes
    finestradesNodes = GeoApp.Windows.Item(4).DataView 'VentanaDeDatosArestesNodes
    finestradesNodes2 = GeoApp.Windows.Item(4).DataView 'VentanaDeDatosArestesNodes
'VentanaDeDatosArestesNodes: ID1 = ID Aresta, ID11 = ID Node
    Do While Not RS1.EOF
        If ProgressBar1.Value < ProgressBar1.Maximum Then
            ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Value + 2
        End If
        'Obtenim l'identificador de la intersecció(camp ID1 de la base de dades)
        idinterseccio = RS1.GFields("ID1").Value
        numarestes = -1
        For i = 0 To finestradesNodes.TotalRowCount - 1 'Fem el recompte del nobmre
d'arestes (carretres) que té el node (intresecció)
            finestradesNodes.FieldNameToColumnNumber("ID11", columnaid)
            finestradesNodes.GetCellString(i, columnaid, idnode)
            If idnode = idinterseccio Then
                numarestes = numarestes + 1
            End If
            If numarestes > -1 And idnode <> idinterseccio Then
                Exit For 'Per fer més eficient el procediment si ja ha trobat el nombre
d'arestes surt del bucle per no haver de recorre tota la finestra de dades
            End If
        Next
        If numarestes >= 0 Then 'Si és -1 vol dir que no té cap aresta perquè totes les
carreteres que enllaça estan tallades

        numregistres = numregistres + 1 'S'utilitza la variable numregistre com
número index de la matriu graph
        If RS1.GFields("Origen_desti").Value = 1 Then
            sourceP = numregistres 'Identifiquem el node (punt) origen
        End If
        If RS1.GFields("Origen_desti").Value = 2 Then
            destinationP = numregistres 'Identifiquem el node (punt) destí
        End If
        'S'ha d'assginar un número entre 0 i el numNodes-1 (igual que l'index del graf)
        graph(numregistres).name = numregistres 'idinterseccio 'És el camp ID1 de
nodes_de_Haiti_all_roads
        graph(numregistres).numConnect = numarestes 'Si numarestes=0 vol dir que té
una aresta, si numarestes=1 vol dir que té 2 arestes, etc.
        ReDim graph(numregistres).connections(graph(numregistres).numConnect)
        'Bucle per assignar les arestes del node intermedi (carreteres que toquen
amb el punt intermedi i no estan tallades)
        numaresta = 0
        For NumFila = 0 To finestradesNodes.TotalRowCount - 1
            finestradesNodes.FieldNameToColumnNumber("ID11", columnaid)

```

TFC – SIG - Anàlisi bàsic de rutes òptimes a zones de catàstrofe

```

        finestradadesNodes.GetCellString(NumFila, columnaid, idnode)
        If idnode = idinterseccio Then
finestradesNodes.FieldNameToColumnNumber("ID1", columnaid)
finestradesNodes.GetCellString(NumFila, columnaid, idaresta) 'Agafa el valor ID1 que identifica el tram
de carretera que toca amb el punt intermedi

'Amb aquest identificador d'aresta hem de trobar l'altra ID node que connecta:
        For NumFila2 = 0 To finestradadesNodes2.TotalRowCount - 1
finestradesNodes.FieldNameToColumnNumber("ID1", columnaid)
finestradesNodes.GetCellString(NumFila2, columnaid, idnode2)
finestradesNodes.FieldNameToColumnNumber("ID1", columnaid)
finestradesNodes.GetCellString(NumFila2, columnaid, idaresta2)
                If idaresta = idaresta2 And idnode <> idnode2 Then
                        Exit For
                End If
        Next
'for per saber el número intern que equival l'ID1 de la taula d'Access
        For i = 0 To nodeCount
                If vectorIDNodes(i) = CInt(idnode2) Then
                        idnode2 = i
                        Exit For
                End If
        Next
        graph(numregistres).connections(numaresta).destination = idnode2
'Assignem el número de node (numeració interna)
graph(numregistres).connections(numaresta).codiaresta = idaresta 'Assignem el número d'aresta (numeració
capa Nodes_de_Haiti_all_roads)

'Aquí s'assigna la longitud (el pes) de cada aresta
'1: Cercar l'entitat corresponent amb el id1 (idaresta) per obtenir la longitud
        haentrat = False
        For NumFila2 = 0 To finestradadesLongitud.TotalRowCount - 1
finestradesLongitud.FieldNameToColumnNumber("ID1", columnaid)
finestradesLongitud.GetCellString(NumFila2, columnaid, idcarretera)
'Si coincideix l'ID1 (identificador de carretera) es mira la longitud del tram
                If idcarretera = idaresta Then
finestradesLongitud.FieldNameToColumnNumber("Longitud", columnalongitud)
finestradesLongitud.GetCellString(NumFila2, columnalongitud, longitud)
                '2 S'assigna la longitud del tram com a pes de les arestes
        graph(numregistres).connections(numaresta).longitud = CInt(longitud)
                haentrat = True
                End If
                If haentrat = True Then
                        Exit For
                End If
        Next
        numaresta = numaresta + 1
        End If
        If numaresta > 0 And idnode <> idinterseccio Then
                Exit For 'Per fer més eficient el procediment si ja ha assignat les
dades de les arestes surt del bucle per no haver de recorre tota la finestra de dades
        End If
        Next
    End If
    RS1.MoveNext()
Loop
RS1 = Nothing
'FI CARREGA DE DADES

'2 - APLICAR L'ALGORITME DE DIJKSTRA DEL CAMÍ MÉS CURT
'establir els valors per defecte a no calculats i les distàncies fins a l'infinit
(excepte en el cas del node origen)
    For i = 0 To nodeCount
        If graph(i).name = sourceP Then
            graph(i).distance = 0
            graph(i).isDead = False
        Else
            graph(i).distance = infinity
            graph(i).isDead = False
        End If
    Next i

    numregistres = 0
    ivl = -1
    For i = 0 To nodeCount
        min = infinity + 1
        'determinar el punt més proper que no s'hagi calculat (not isDead)
        For j = 0 To nodeCount
            If Not graph(j).isDead And graph(j).distance < min Then
                nextP = j
                min = graph(j).distance
            End If
        Next j
        'calcular les distàncies des del punt més proper i de totes les seves
connexions

```

TFC – SIG - Anàlisi bàsic de rutes òptimes a zones de catàstrofe

```

        For j = 0 To graph(nextP).numConnect
            If graph(graph(nextP).connections(j).destination).distance >
graph(nextP).distance + graph(nextP).connections(j).longitud Then
                graph(graph(nextP).connections(j).destination).distance =
graph(nextP).distance + graph(nextP).connections(j).longitud
                graph(graph(nextP).connections(j).destination).predecessor =
graph(nextP).name 'S'assigna el node predecessor per una vegada finalitzada la cerca del camí més curt
saber els nodes per on passa
                graph(graph(nextP).connections(j).destination).aresta =
graph(nextP).connections(j).codiaresta 'S'assigna l'ID de l'aresta per saber per quins trams de carretera
passa el camí més curt
            End If
        Next j
    'marcar el valor que acabem de veure per poder obtenir el següent punt
    graph(nextP).isDead = True
    If ProgressBar1.Value < ProgressBar1.Maximum Then
        ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Value + 1
    End If
Next i

'3 - PINTAR DE DIFERENT COLOR EL CAMI MÉS CURT QUE ENS HA TORNAT L'ALGORISME DE DIJKSTRA

'Per pintar d'un color diferent el camí més curt s'ha d'actualitzat
'l'atribut "cami_curt" (passant-lo a 1) a la capa carreteres_segmentades
'Amb aquesta informació una consulta del Geomedia automàticament mostrarà d'un color
'diferent els trams de carretera que formen part del camí més curt
    RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Nodes_de_Haiti_all_roads where ID1=" +
vectorIDNodes(destinationP).ToString, GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
    RS1.Edit()
    RS1.GFields("cami_curt").Value = 1
    RS1.Update()
    RS1 = Nothing

    RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Carreteres_segmentades where ID1=" +
graph(destinationP).aresta.ToString, GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
    RS1.Edit()
    RS1.GFields("cami_curt").Value = 1
    RS1.Update()
    RS1 = Nothing

    nodeprecedent = graph(destinationP).predecessor
    aresta_cmc = graph(nodeprecedent).aresta

    RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Nodes_de_Haiti_all_roads where ID1=" +
vectorIDNodes(nodeprecedent).ToString, GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
    RS1.Edit()
    RS1.GFields("cami_curt").Value = 1
    RS1.Update()
    RS1 = Nothing

    RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Carreteres_segmentades where ID1=" +
aresta_cmc.ToString, GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
    RS1.Edit()
    RS1.GFields("cami_curt").Value = 1
    RS1.Update()
    RS1 = Nothing

    sortir = False
'Busca els nodes predecessors del camí més curt fins arribar al node inicial i així saber per on passa el
camí més curt
    While sortir = False
        nodeprecedent = graph(nodeprecedent).predecessor
        aresta_cmc = graph(nodeprecedent).aresta
        RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Nodes_de_Haiti_all_roads where ID1=" +
vectorIDNodes(nodeprecedent).ToString, GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
        RS1.Edit()
        RS1.GFields("cami_curt").Value = 1
        RS1.Update()
        RS1 = Nothing
        If aresta_cmc > 0 Then
            RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Carreteres_segmentades where ID1="
+ aresta_cmc.ToString, GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
            RS1.Edit()
            RS1.GFields("cami_curt").Value = 1
            RS1.Update()
            RS1 = Nothing
        End If
        If nodeprecedent = sourceP Then
            sortir = True
        End If
    End While
    ProgressBar1.Value = ProgressBar1.Maximum
    lblDistancia.Visible = True
    lblDistancia.Text = "Distància entre l'origen i la destinació: " +
graph(destinationP).distance.ToString + " metres."

```

TFC – SIG - Anàlisi bàsic de rutes òptimes a zones de catàstrofe

```

        lblEsperi.Visible = False
        ProgressBar1.Visible = False
        MsgBox("Càlcul de la ruta més curta efectuat correctament")
    Else
        MsgBox("El punt destí no toca a cap carretera, camí o carrer")
    End If
Else
    MsgBox("El punt origen no toca a cap carretera, camí o carrer")
End If
Else
    MsgBox("Per calcular el camí més curt ha d'indicar un punt destí")
End If
Else
    MsgBox("Per calcular el camí més curt ha d'indicar un punt origen")
End If
End Sub

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btnTancar.Click
    Close()
End Sub

Private Sub btnEsborrar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btnEsborrar.Click
    '4 - BOTÓ PER ESBORRAR PUNT INICI I DESTI
    RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Nodes_de_Haiti_all_roads where Origen_desti>0",
GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)

    Do While Not RS1.EOF
        RS1.Edit()
        RS1.GFields("Origen_desti").Value = 0
        RS1.Update()
        RS1.MoveNext()
    Loop
    RS1 = Nothing
    'S'ha d'actualitzar el map window, ja que sinó segueix visualitzant els punts:
    GMMapView1.Refresh() 'Tot i el refresh no s'actualitza el mapa (s'ha de fer clic a "Almacén >
Actualizar datos ...")
    MsgBox("Punt origen i destí esborrats correctament")
End Sub

Private Sub frmCamiMesCurtTFC_FormClosing(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.FormClosingEventArgs) Handles MyBase.FormClosing
    GeoApp = Nothing
    GMMapView1 = Nothing
    objDB = Nothing
End Sub

Private Sub Button1_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button1.Click
    'ESBORRA EL CAMI MÉS CURT
    RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Nodes_de_Haiti_all_roads where cami_curt=1",
GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
    Do While Not RS1.EOF
        RS1.Edit()
        RS1.GFields("cami_curt").Value = 0
        RS1.Update()
        RS1.MoveNext()
    Loop
    RS1 = Nothing
    RS1 = objDB.OpenRecordset("select * from Carreteres_segmentades where cami_curt=1",
GDO.GConstants.gdbOpenDynaset)
    Do While Not RS1.EOF
        RS1.Edit()
        RS1.GFields("cami_curt").Value = 0
        RS1.Update()
        RS1.MoveNext()
    Loop
    RS1 = Nothing
    'S'ha d'actualitzar el map window, ja que sinó segueix visualitzant els punts:
    GMMapView1.Refresh() 'Tot i el refresh no s'actualitza el mapa (s'ha de tancar i tornar a obrir el
GeoWorkspace)
    MsgBox("Camí més curt esborrat correctament")
End Sub
End Class

```