

Llicències (memòria, treball pràctic i videopresentació)

(Creative Commons)

Aquest treball està subjecte —excepte que s'indiqui el contrari— a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 2.5 Espanya de *Creative Commons*. Podeu copiar-lo, distribuir-lo i transmetre'l públicament sempre que en citeu l'autor i l'obra, no se'n faci un ús comercial i no se'n faci còpia derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/es/deed.es>.

Estudis d'Informàtica, Multimèdia i Telecomunicació
Universitat Oberta de Catalunya



Treball Final de Carrera
Àrea SIG

17-1-2011

Memòria TFC

**Producció de mapes de distribució espacial
de malalties per Barcelona**

Curs 2010/11-1 (Tardor)

Alumne
Lucas Martínez i Rodrigo

Consultor Aula 2
Carlos Granell Canut

Agraïments

Aquest treball és el ben desitjat fruit de molt de temps de dedicació envers el coneixement i la superació personal i professional. Tot això no hagués estat possible sense l'ajuda, suport i dedicació de moltes persones com ara els meus familiars, companys de feina, companys d'estudis i personal de la UOC. A tots ells vull agrair la seva ajuda, la seva tasca i dedicació durant tots aquest anys.

Resum

Aquest Treball Final de Carrera TFC és una aproximació als Sistemes d'Informació Geogràfica (SIG) des del punt de vista informàtic dels marhup i les “Rich Internet Applications” (RIA). El seu objectiu és resoldre un problema concret com és la producció de mapes de distribució espacial i possibilitar el geoprocés dels casos de malalts de tuberculosi a la ciutat de Barcelona, amb les dades del SEB (Servei Epidemiològic de Barcelona).

Primer es fa una aproximació al concepte de SIG i la seva popularització a l'àmbit Web i la aparició de RIA relacionades amb SIG. S'han analitzat les diverses tecnologies per RIA i aprofundit l'origen i les característiques de Flex, les seves aplicacions i l'API d'ArcGis per Flex.

El disseny i desenvolupament de l'aplicació ha estat en paral·lel amb la recerca dels recursos i opcions a l'abast per arribar a l'objectiu plantejat, fins a establir l'aplicació final. Tot i això, des del principi s'ha mantingut un model de tres capes (presentació, lògica i dades) tractant de maximitzar les crides a serveis web des de la capa lògica.

La capa de presentació fa ús d'elements de Flex i de l'API d'Arc Gis. La capa lògica delega les tasques de geoposicionament, creació de “buffers” i càlcul de distàncies geodèsiques a serveis web d'ArcGis. Mentre que la capa de dades fa servir el llenguatge PHP com a intermediari entre la base de dades MySQL i Flex.

Finalment, s'han mostrat alguns exemples d'utilització de l'aplicació seguit de la descripció de les possibles millores i extensions a la solució proposada.

Índex de continguts

| | |
|---|-----------|
| 1 Introducció..... | 10 |
| 1.1 Justificació del TFC i context: punt de partida i aportació del TFC | 10 |
| 1.1.1 Objectius del TFC | 10 |
| 1.2 Enfocament i mètode seguit..... | 10 |
| 1.3 Planificació temporal del projecte | 11 |
| 1.3.1 Consideracions prèvies | 11 |
| 1.3.2 Fites i distribució temporal..... | 11 |
| 1.4 Dates de lliurament i Diagrama de Grannt | 12 |
| 1.4.1 Lliuraments previstos..... | 12 |
| 1.4.2 Diagrama de Grannt | 13 |
| 1.5 Incidències i riscos | 14 |
| 1.5.1 Incompliments de la planificació | 14 |
| 1.5.2 Seguretat informàtica | 14 |
| 1.6 Productes obtinguts..... | 14 |
| 1.7 Descripció de la memòria | 14 |
| 2 De la informació geogràfica a la tecnologia WebSIG | 15 |
| 2.1 Introducció | 15 |
| 2.2 Sistemes d'Informació Geogràfica | 15 |
| 2.2.1 Aproximació al concepte de SIG | 15 |
| 2.2.2 Perspectiva i problemes espacial | 15 |
| 2.3 Introducció al WebSig..... | 16 |
| 2.3.1 La popularització del SIG | 16 |
| 2.3.2 Aplicacions Riques d'Internet | 16 |
| 2.3.3 Els mashups o aplicacions web híbrides | 16 |
| 2.3.4 Ajax, Flex, Silverlight i altres | 16 |
| 2.4 Adobe Flex | 17 |
| 2.4.1 Origen de Flex | 17 |
| 2.4.2 Macromedia eXtensible Markup Language | 18 |
| 2.4.3 SWF..... | 18 |
| 2.4.4 ActionScript..... | 18 |
| 2.4.5 MXML vs. ActionScript | 19 |
| 2.4.6 Desenvolupament d'aplicacions Flex..... | 19 |
| 2.5 ArcGis per a Flex | 19 |
| 3 Arquitectura de capes de l'aplicació | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1 Introducció | 20 |
| 3.2 Descripció del model de capes MVC | 20 |
| 3.2.1 Aproximació genèrica al model | 20 |
| 3.2.2 Aproximació al model de l'aplicació Web-SIG | 21 |
| 4 La capa de presentació | 23 |
| 4.1 Introducció | 23 |
| 4.2 Interfase gràfica | 23 |
| 4.3 Zona d'informació estàtica descriptiva | 24 |
| 4.4 Zona de cartografia | 24 |
| 4.5 Zona d'informació dinàmica i controls | 24 |
| 4.5.1 Informació dinàmica | 25 |
| 4.5.2 Georeferència de la BBDD | 25 |
| 4.5.3 Representar tots els casos de malalts..... | 25 |
| 4.5.4 Representar els casos de malalts filtrats per data | 25 |
| 4.5.5 Càlcul d'un buffer i identificació dels malalts que hi són al mateix | 25 |
| 4.6 Elements d'entrada i sortida de la interfase | 25 |
| 4.7 Interacció amb la capa de negoci..... | 25 |
| 5 La capa lògica | 26 |
| 5.1 Introducció | 26 |
| 5.2 Principis bàsics del seu disseny | 26 |
| 5.3 Informació dinàmica de l'evolució de les operacions..... | 26 |
| 5.4 Implementació dels handlers dels controls de la capa de presentació | 27 |
| 5.5 Serveis gràfics proveïts a la capa de presentació | 27 |
| 5.6 Servei de georeferenciació de ArcGIS | 28 |
| 5.7 Proveïdor de mapes de ArcGIS | 28 |
| 5.8 Serveis de geometria ArcGIS..... | 29 |
| 5.9 Connexions a la capa de dades | 29 |
| 5.10 Diagrames de seqüència principals..... | 30 |
| 6 La capa de dades | 32 |
| 6.1 Introducció | 32 |
| 6.2 Base de dades de l'estudi | 32 |
| 6.3 Sistema gestor i connectivitat..... | 33 |
| 6.4 Continguts de la base de dades | 33 |
| 6.5 Connectivitat PHP amb la capa de dades..... | 34 |
| 7 Resultats de l'aplicació. Ús en vigilància epidemiològica..... | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 7.1 Introducció | 35 |
| 7.2 Geolocalització de les dades | 35 |
| 7.3 Representació de tots els casos | 36 |
| 7.4 Filtratge per data | 37 |
| 7.5 Geoprocés avançat mitjançant buffer | 38 |
| 8 Conclusions i perspectives obertes | 41 |
| 8.1 Introducció | 41 |
| 8.2 Conclusions..... | 41 |
| 8.3 Perspectives obertes..... | 42 |
| 9 Glossari | 43 |
| 10 Bibliografia | 47 |

Índex de figures

| | |
|--|----|
| Il·lustració 1. Diagrama de Grannt de les activitats del TFC | 13 |
| Il·lustració 2. Representació del model d'aplicació Web-SIG | 21 |
| Il·lustració 3. Interfase gràfica de la capa de presentació de l'aplicació Web-SIG | 23 |
| Il·lustració 4. Diagrama de seqüència per la geolocalització | 30 |
| Il·lustració 5. Diagrama de seqüència per mostrar els malalts | 31 |
| Il·lustració 6. Diagrama de seqüència per geoprocessar per buffer..... | 31 |
| Il·lustració 7. Geolocalització de les dades | 35 |
| Il·lustració 8. Representació de tots els casos | 36 |
| Il·lustració 9. Representació dels casos filtrats per data | 37 |
| Il·lustració 10. Representació dels casos filtrats per data amb zoom | 38 |
| Il·lustració 11. Geoprocés avançat per buffer. Creació d'un buffer | 39 |
| Il·lustració 12. Geoprocés avançat per buffer. Anàlisi de les dades afectades pel buffer..... | 39 |
| Il·lustració 13. Geoprocés avançat per buffer. Informació de les dades afectades pel buffer..... | 40 |

Índex de taules

| | |
|--|----|
| Taula 1. Fites i distribució temporal del TFC..... | 11 |
| Taula 2. Lliuraments previstos pel TFC..... | 12 |
| Taula 3. Descripció de les dades pel projecte de la taula Accés tbmapas09 | 32 |

1 Introducció

1.1 Justificació del TFC i context: punt de partida i aportació del TFC

El Projecte proposat “Producció de mapes de distribució espacial de malalties per Barcelona” pretén fer ús dels conceptes dels Sistemes d’informació Geogràfica (SIG) per donar suport i millorar les aplicacions de vigilància epidemiològica (VE) al Servei d’epidemiologia de Barcelona (SEB), encarregat de les funcions de VE per malalties com la tuberculosi o la SIDA, entre altres.

En aquest projecte s’aplicaran tècniques de Web SIG per la producció de mapes de distribució espacial dels casos de malalts de tuberculosi a la ciutat de Barcelona, a partir de les dades del SEB. Aquesta tasca té dos escenaris principals que són: reunir tota la informació necessària i actualitzada, com també processar, analitzar i interpretar les dades.

1.1.1 Objectius del TFC

Els objectius generals d’aquest Projecte són:

- Conèixer l’arquitectura conceptual i els components necessaris per desenvolupar aplicacions Web SIG.
- Conèixer els beneficis de l’ús de la tecnologia dels SIG en diferents dominis, com ara, el sanitari i la vigilància epidemiològica.

Els objectius particulars del Projecte són:

- Utilitzar diferents serveis i components d’informació geogràfica a l’abast de tothom.
- Creuar informació generada mitjançant diverses fonts d’informació.
- Conèixer els llenguatges de programació per al desenvolupament d’aplicacions Web SIG.

1.2 Enfocament i mètode seguit

Requeriments de maquinari

- Punt de treball estàndard de la UOC

Requeriments de programari establerts per l’enunciat del Treball

- ArcGIS API for Flex 2.2
- Adobe Flex Builder 4

Requeriments de programari decidits durant l’elaboració del Treball

- Navegador Internet (Firefox 3.5)
- Programari EasyPHP (versió 5.3.5.0)
 - Base de dades MySQL (versió 5.1.54)
 - Intèrpret PHP (versió 5.3.5)
 - Servidor web Apache (versió 2.2.17)
 - PhpMyAdmin (versió 3.3.9)

1.3 Planificació temporal del projecte

1.3.1 Consideracions prèvies

En els següents períodes de vacances no es desenvolupa cap activitat relacionada amb la UOC per motius de conciliació familiar: 9 a 12 octubre, 30 octubre a 1 novembre, 4 desembre a 8 desembre, 24 desembre a 2 gener i 6 gener a 9 gener.

1.3.2 Fites i distribució temporal

| <i>Tasques</i> | <i>Dies</i> | <i>Inici</i> | <i>Final</i> |
|--|-------------|-------------------|-------------------|
| FASE 1. ESTUDI INICIAL CONTEXT PROJECTE | 14 | 6-10-2010 | 23-10-2010 |
| Anàlisi font informació del SEB | 6 | 6-10-2010 | 15-10-2010 |
| Anàlisi tecnologia WebSig | 6 | 16-10-2010 | 21-10-2010 |
| Documentació Fase 1 | 2 | 22-10-2010 | 23-10-2010 |
| FASE 2. POSADA EN MARXA DE UNA BD PER L'APLICATIU WEB SIG | 14 | 24-10-2010 | 9-11-2010 |
| Estudi model dades intern | 6 | 24-10-2010 | 29-10-2010 |
| Documentació Fase 2 | 2 | 2-11-2010 | 3-11-2010 |
| Revisió final PAC2 | 5 | 4-11-2010 | 8-11-2010 |
| Lliurament PAC2 | 1 | 9-11-2010 | 9-11-2010 |
| FASE 3. DISSENY I IMPLEMENTACIÓ D'UN WEB SIG PER A LA PRODUCCIÓ D'UN MAPA DE DISTRIBUCIÓ ESPACIAL DE LA MALALTIA D'ESTUDI | 12 | 10-11-2010 | 21-11-2010 |
| Representació de dades georeferenciades | 10 | 10-11-2010 | 19-11-2010 |
| Documentació Fase 3 | 2 | 20-11-2010 | 21-11-2010 |
| FASE 4. IMPLEMENTACIÓ D'UNA FUNCIÓ DE GEOPROCESSAMENT SOBRE LES DADES DE LA MALALTIA D'ESTUDI. | 18 | 22-11-2010 | 14-12-2010 |
| Programació funció geoprocessament | 10 | 22-11-2010 | 1-12-2010 |
| Documentació Fase 4 | 2 | 2-12-2010 | 3-12-2010 |
| Revisió final PAC3 | 5 | 9-12-2010 | 13-12-2010 |
| Lliurament PAC3 | 1 | 14-12-2010 | 14-12-2010 |
| MEMÒRIA I LLIURAMENT FINAL | 20 | 15-12-2010 | 17-1-2011 |
| Codificació final | 9 | 15-12-2010 | 23-12-2010 |
| Test funcional | 9 | 15-12-2010 | 23-12-2010 |
| Memòria | 10 | 3-1-2011 | 16-1-2011 |
| Presentació | 10 | 3-1-2011 | 16-1-2011 |
| Lliurament final | 1 | 17-01-2011 | 17-01-2011 |

Taula 1 Fites i distribució temporal del TFC

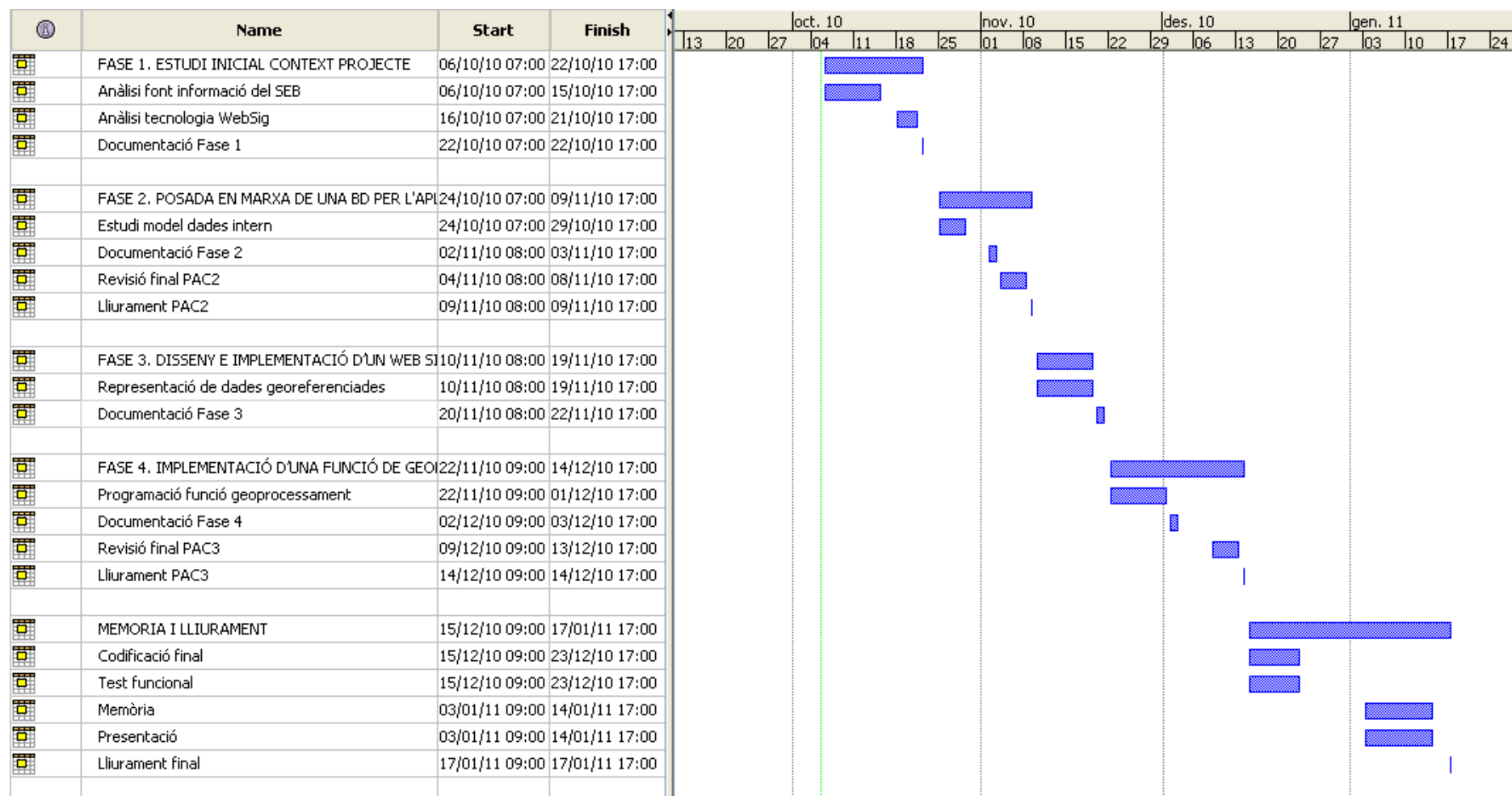
1.4 Dates de lliurament i Diagrama de Grannt

1.4.1 Lliuraments previstos

| Document | Data | Descripció |
|----------------|----------|--|
| Pla de Treball | 5-10-10 | Indica objectius i temporització del Projecte. |
| PAC 2 | 9-11-10 | Context i BBDD Projecte |
| PAC 3 | 14-12-10 | Disseny i implementació |
| Memòria | 17-01-11 | Memòria, presentació i implementació final. |

Taula 2 Lliuraments previstos pel TFC

1.4.2 Diagrama de Grannt



Il·lustració 1. Diagrama de Grannt de les activitats del TFC

1.5 Incidències i riscos

1.5.1 Incompliments de la planificació

La planificació s'ha realitzat respectant les dates especials i vacances previstes.

En cas de produir-se un incompliment de la planificació superior a una setmana s'estableix la necessitat d'informar el Consultor i es cercarà temps d'altres activitats diàries per tornar-hi tan aviat com sigui possible.

1.5.2 Seguretat informàtica

El punt de treball UOC que s'utilitza és virtual amb el software Virtualbox. Això permet fer còpies periòdiques per a garantir la integritat de les configuracions i les dades. Tanmateix es disposa de maquinari redundat per poder executar el referit entorn.

En cas d'incidència es procedirà a recuperar la darrera versió (màxima antiguitat 1 setmana).

1.6 Productes obtinguts

Com a resultat del treball s'ha obtingut una aplicació WebSig realitzada en Flex. Aquesta permet geocodificar una base de dades amb els casos dels malalts de tuberculosi a la ciutat de Barcelona, representar-los a un mapa amb l'opció de filtrar per data, com també mostrar per cadascun la informació disponible a la BBDD. Inclou una funció de geoprocés de tipus buffer respecte d'un punt que permet diferenciar els malalts que hi apareixen. Finalment, hi ha diverses opcions de fer zoom i esborrar per fer ús reiterat de l'aplicació en repetides i diverses circumstàncies.

L'aplicació s'acompanya d'aquesta memòria i de una video-presentació que descriuen les tasques que s'han dut a terme per a la seva elaboració com a TFC.

1.7 Descripció de la memòria

Els següents capítols de la memòria constitueixen quatre blocs.

- El primer bloc (capítol 2) desenvolupa una aproximació al concepte i antecedents del WebSIG.
- El segon bloc (capítols 3 a 6) descriu l'estructura de capes, la capa de presentació, de negoci i de dades, respectivament.
- El tercer bloc (capítols 7 i 8) conté alguns resultats, les conclusions i les perspectives obertes per aquest treball.
- El quart i darrer bloc (capítols 9 i 10) conté un glossari i les referències.

2 De la informació geogràfica a la tecnologia WebSIG

2.1 Introducció

En aquest apartat es deixa constància de la recerca realitzada per tal de conèixer l'arquitectura conceptual i els components necessaris per a desenvolupar aplicacions WebSig i els llenguatges de programació per al desenvolupament d'aplicacions Web SIG. Per aquests motius, es realitza una revisió dels conceptes bàsics de SIG, de l'expansió al domini del web del concepte SIG i finalment es contextualitzen les tecnologies amb les quals es desenvolupa el Treball atenent al seu enunciat (Flex i ArcGis API for FLEX).

2.2 Sistemes d'Informació Geogràfica

2.2.1 Aproximació al concepte de SIG

Un sistema d'informació geogràfica (SIG) és un sistema capaç d'integrar, emmagatzemar, editar, analitzar, compartir i mostrar informació amb referències geogràfiques. De forma més genèrica, es tracta d'una eina a partir de la qual els usuaris poden fer consultes interactives (cerques definides per l'usuari), analitzar la informació espacial, i editar-ne les dades. En l'actualitat el concepte de SIG està íntimament lligat al tractament digital de la informació i l'ús de sistemes informàtics.

Els objectes descrits a un SIG es caracteritzen per:

- Localització: La seva localització absoluta sobre la superfície terrestre.
- Descripció: la seva posició i forma geomètrica en dues, dues i mitja o tres dimensions.
- Informació: contingut alfanumèric que el qualifica i classifica.
- Relacions espacials: amb els altres elements.

Un sistema d'informació geogràfica pot convertir informació digital que pot ser tractada i visualitzada de forma integrada sempre que tingui atributs geogràfics.

2.2.2 Perspectiva i problemes espacial

La perspectiva espacial afegeix interès, fiabilitat i efectivitat a causa del fet que facilita els processos en subministrar informació real sobre la localització dels recursos, i perquè permet filtres, alteracions i creació de nova informació.

Els SIG aborden la perspectiva espacial i han de sortir al pas de les següents peculiaritats dels problemes espacials

- Tots els elements del món es poden definir per la seva posició.
- El component espacial és essencial en una gran varietat de disciplines.
- El treball amb informació espacial comporta decisions úniques, complexes i difícils.

2.3 Introducció al WebSig

2.3.1 La popularització del SIG

Les propostes en architectures distribuïdes i les noves tecnologies sobre Internet han permès els darrers anys que es desenvolupin eines i tècniques que han obert les funcionalitats SIG a moltes plataformes i usuaris, i així han incrementat exponencialment l'ús i l'aprofitament dels SIG. L'èxit d'aquestes noves tendències ha posat de moda els SIG, els ha fet accessibles i usables fins i tot per al gran públic. L'Open Geospatial Consortium o OGC (Consorti Obert Geoespacial) defineix els estàndards oberts i interoperables dins dels SIG. Procura l'acord entre diferents empreses del sector que facilitin la informació geogràfica en benefici dels usuaris.

2.3.2 Aplicacions Riques d'Internet

Les noves tecnologies han permès que característiques i funcionalitats que abans només eren disponibles des d'aplicacions tradicionals o d'escriptori es puguin migrar al Web. Els SIG necessiten funcionalitats gràfiques riques que no eren disponibles amb les tècniques DHTML i Javascript. Les anomenades aplicacions riques per Internet o RIA, les pàgines Flash, AJAX, etc. han permès desenvolupar aplicacions gràfiques riques distribuïdes. Això ha generat grans comunitats d'usuaris que han assolit una gran experiència en l'àmbit.

2.3.3 Els mashups o aplicacions web híbrides

Un mashup (o aplicació web híbrida) és una aplicació web que combina components i dades de més d'una font de manera integrada i transparent per l'usuari. El contingut emprat als mashups prové de diversos proveïdors mitjançant una API o interfície pública. Exemples de Mashup poden ser els components reutilitzables i API de Microsoft, Google, eBay, Amazon, Flickr o Yahoo. No tots els mashups tenen a veure amb SIG (i.e. Flickr o eBay), però el pes dels components de mapa fa que de vegades s'apliqui el concepte de mashup exclusivament per a Google Maps. Els mashups amb serveis SIG han permès tanmateix que molts usuaris hagin pogut desenvolupar i integrar les seves funcionalitats SIG sense assolir el cost de la cartografia ni llicències.

2.3.4 Ajax, Flex, Silverlight i altres

El camp de les RIA es va potenciar definitivament gràcies al desenvolupament de unes noves tecnologies com la Asynchronous JavaScript And XML (AJAX) que sortien al pas de les clàssiques limitacions a l'hora d'integrar aplicacions al Web com ara les esperes en la recàrrega de la plana, la capacitat d'arrossegar i deixar anar (*drag and drop*) i en general el dinamisme. Les tecnologies que suporten AJAX com ara Html, DOM, JavaScript, XML eren ben conegudes. Per aquest motiu l'AJAX es va estendre ràpidament. El seu principal avantatge és que les aplicacions són JavaScript i s'executen al navegador (és a dir a la màquina client) i permeten mantenir una comunicació amb els servidors sense necessitat de recarregar la plana web.

Flex 2.0 va ser un punt d'inflexió en el suport tecnològic a les RIA en donar resposta a un dels greus problemes d'AJAX que és la diversitat de navegadors. Com que no es tracta d'un estàndard, cada navegador té una implementació diferent de l'objecte que realitza les peticions síncrones. Aleshores cal escriure codi *ad hoc* per donar suport a un o més navegadors.

Flex 2.0 es recolza a la plataforma Flash, que li fa de bypass, de manera que els seus arxius .swf es poden executar a l'Explorer, Mozilla, Safari, etc. i es visualitzen d'igual manera gràcies al reproductor de Flash (Flash Player) que és a l'abast pels usuaris dels tres grans sistemes operatius: Windows, Linux i Mac. Tanmateix, està dissenyat per permetre l'arquitectura MVC (Model View Controller) amb una capa de presentació en aplicacions d'Internet. Per acabar, és imprescindible esmentar que AJAX i Flex no són excloents gràcies als serveis Flex-Ajax Bridge que permeten la comunicació d'aplicacions AJAX i Flex.

Microsoft Silverlight és una altra solució adient pel cas de requerir la incorporació d'un gran nombre de recursos multimèdia mitjançant controls que agreguen valor específicament a àrees referides al treball amb animacions, vídeos, transicions, etc. Més alternatives són Google Web Toolkit, JavaFX, OpenLaszlo, etc.

2.4 Adobe Flex

2.4.1 Origen de Flex

Adobe Flex és un conjunt de programari de desenvolupament que agrupa una sèrie de tecnologies publicades des del març de 2004 per Macromedia, per a donar suport al desplegament i desenvolupament d'Aplicacions Enriquides d'Internet, basades en la seva plataforma propietària Flash. Flash ha quedat definit com un producte orientat a la creativitat, mentre que Flex té una orientació de solucions corporatives. Flex proveeix d'un flux de treball i un model de programació que és familiar als desenvolupadors d'aplicacions. En un model multi-capa, les aplicacions Flex són el nivell de presentació. En ser un llenguatge orientat a objectes al 100% quan es plantegen aplicacions d'una certa entitat les modificacions i manteniment són més fàcils i eficients que amb altres solucions tecnològiques.

Flex fou inicialment alliberat com una aplicació de la J2EE o biblioteca d'etiquetes JSP que compila el llenguatge de marques Flex anomenat Macromedia eXtensible Markup Language (MXML) i executarà mitjançant ActionScript aplicacions Flash (arxius SWF binaris). Versions posteriors de Flex suporten la creació d'arxius estàtics que són compilats, i que poden ser distribuïts en línia sense la necessitat de tenir una llicència de servidor. Flex té diversos components i característiques que aporten funcionalitats tals com Serveis Web, objectes remots, arrossegat i deixar anar, columnes ordenables, gràfiques, efectes d'animació i altres interaccions simples. El client carrega l'aplicació una vegada, fent més eficient el flux de dades enfront d'aplicacions basades en HTML, que requereixen d'executar plantilles al servidor per a cada acció.

El servidor Flex també actua com un gateway habilitant el client a comunicar-se amb serveis web XML i objectes remots (tals com Coldfusion CFCs, classes Java, i qualsevol que suporti el format de missatges d'accions).

2.4.2 Macromedia eXtensible Markup Language

MXML és un llenguatge descriptiu desenvolupat inicialment per Macromedia fins el 2005 per a la plataforma FLEX d'Adobe. MXML es basa en XML. MXML té una major estructura sobre la base de etiquetes, similar a HTML, però amb una sintaxi menys ambigua, proporciona una gran varietat i fins i tot permet estendre etiquetes i crear els seus propis components.

2.4.3 SWF

SWF de ShockWave Flash o Small Web Format és un format de fitxer de gràfics vectorials creat per Macromedia. Els arxius SWF poden ser creats pel programa Adobe Flash o també pel compilador SWFC, encara que hi ha altres aplicacions que també ho permeten. Estan construïts principalment per dos elements: objectes basats en vectors i imatges. Les versions més modernes també incorporen àudio i vídeo mitjà (en format Flash Video-FLV) i multitud de formes diferents d'interacció amb l'usuari.

El format és força simple, si bé és cert que està en format binari i per tant no és de lectura accessible. SWF utilitza la compressió Zlib des del 2002, i en general l'objectiu del format és emmagatzemar totes les dades usant el menor nombre de bits, minimitzant la redundància. L'objectiu principal del format SWF és crear arxius petits però que permetin la interactivitat i que funcionin en qualsevol plataforma, inclús sobre un ample de banda reduït (fins i tot un navegador web connectat a través d'un mòdem).

2.4.4 ActionScript

ActionScript és un llenguatge de programació orientat a objectes (OOP), que va ser afegit amb la versió 4 de Flash, utilitzat especialment en aplicacions web animades realitzades en l'entorn Adobe Flash. És un llenguatge de script, és a dir, no requereix la creació d'un programa complet perquè l'aplicació assoleixi els objectius. El llenguatge està basat en especificacions d'estàndard d'indústria ECMA-262, un estàndard per a Javascript; per aquest motiu ActionScript s'assembla tant a Javascript. La versió més estesa actualment és ActionScript 3.0

Cada objecte de l'aplicació pertany a una classe (movieclip, Botons, Vectors, Arrays), etc.), que conté propietats i mètodes:

- Propietats: Dins de l'arxiu de de la classe, estan declarades com a variables (alpha, useHandCursor, length, etc.)
- Mètodes: Dins de l'arxiu de de la classe, estan declarades com a funcions (stop (), gotoAndPlay (), getURL (), etc.)

2.4.5 MXML vs. ActionScript

És possible desenvolupar les aplicacions tant amb MXML com amb ActionScript. Totes dues maneres tenen característiques particulars, com ara:

- Crear controls compostos mitjançant declaració MXML és més fàcil.
- Per modificar els mètodes dels components s'utilitza més ActionScript.

MXML és adient principalment per generar la interfase del site, mentre que ActionScript és més adient per a les connexions a bases de dades, comportaments, accions, etc. que també es podrien fer en MXML. El MXML es converteix en ActionScript en ser compilat.

2.4.6 Desenvolupament d'aplicacions Flex

Segons la documentació de Flex, el desenvolupament d'aplicacions es fa seguint les següents etapes:

- Definir un interfície d'aplicació usant un conjunt de components predefinits (formularis, botons,...)
- Ordenar aquests components en el disseny de d'interfície d'usuari
- Usar estils i temes per a definir el disseny visual
- Afegir comportament dinàmic (interaccions)
- Definir i connectar a serveis de dades (serveis http)
- Compilar el codi font a SWF perquè funcioni en el reproductor Flash

2.5 ArcGis per a Flex

L'API d'ArcGIS per Flex permet crear aplicacions RIA sofisticades, és a dir, aplicacions web interactives que treuen profit dels recursos proveïts per ArcGIS, com ara mapes, localitzadors, i models de geoprocés i components Flex, com grids, arbres i taules.

L'API d'ArcGIS per Flex permet per exemple:

- Mostrar un mapa interactiu que conté dades pròpies
- Executar un model de SIG en el servidor i mostrar els resultats
- Visualització de dades en una cartografia de base
- Recerca de característiques o atributs en les dades GIS
- Geolocalitzar adreces i visualitzar els resultats
- Modificar les dades
- Crear mashups

El ArcGIS API for Flex proporciona els següents recursos per a les aplicacions web:

- Mapes
- Gràfics
- Tasques: consulta, localització d'adreces, cerca per atributs, geoprocés, generació de rutes i altres operacions d'anàlisi de xarxes
- Components: Editor, InfoWindow, AttributeInspector, TemplatePicker, TimeSlider
- Accés als components Adobe Flex

3 Arquitectura de capes de l'aplicació

3.1 Introducció

Un dels objectius d'aquest TFC és conèixer els beneficis de l'ús de la tecnologia dels SIG en el domini de la vigilància epidemiològica. Es tracta doncs de combinar adientment els elements necessaris per satisfer l'objectiu. Així, s'ha trobat adient fer servir un patró de disseny ben conegut a l'hora d'establir l'arquitectura de capes de l'aplicació. El patró triat és el MVC (Model-View-Controller). El MVC és un patró de disseny d'enginyeria del programari, emprat freqüentment en aplicacions web, que separa la lògica de l'aplicació per a l'usuari de la interfície d'usuari. La divisió en capes del model d'aquesta aplicació segueix el patró de disseny MVC.

Aquest apartat de la memòria ens ofereix una breu aproximació al concepte de MVC i les línies mestres seguides en el desenvolupament i implementació de cadascuna de les capes. Si més no, cada capa es descriu més acuradament en ulteriors apartats, així com també les seves interaccions.

3.2 Descripció del model de capes MVC

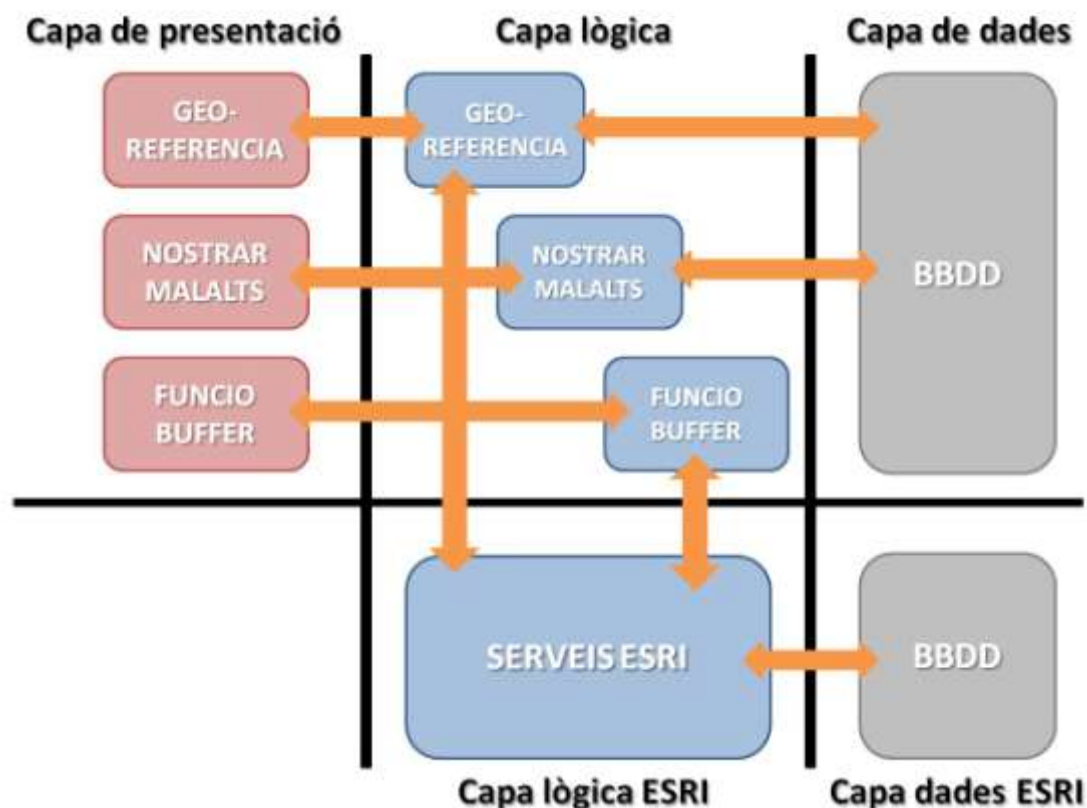
3.2.1 Aproximació genèrica al model

L'aplicació està desenvolupada amb una separació de les seves parts seguint una arquitectura multicapa de tres nivells:

- Capa de presentació o d'usuari: presenta el sistema SIG a l'usuari, li transmet la informació i captura les dades de l'usuari. Aquesta capa es comunica únicament amb la capa de negoci.
- Capa lògica o de negoci: són els programes que s'executen, que reben les peticions de l'usuari i retornen les respostes en finalitzar el procés. Aquesta capa es comunica amb la capa d'usuari, per rebre les peticions i lliurar els resultats, i amb la capa de dades, per demanar al seu gestor de BBDD emmagatzemar, actualitzar o recuperar dades.
- Capa de dades: és on resideixen les dades i és l'encarregada d'accedir-hi. Aquesta capa inclou el programari de connectivitat entre tecnologies heterogènies.

3.2.2 Aproximació al model de l'aplicació Web-SIG

L'aplicació Web SIG es compon d'elements propis i d'aliens (Il·lustració 2).



Il·lustració 2. Representació del model d'aplicació Web-SIG

La capa d'usuari (capítol 4) que inclou una interfase gràfica mostra totes les funcionalitats del sistema i ens retorna gràficament i de manera alfanumèrica les dades del sistema. Les operacions que implementa estan relacionades amb la geocodificació de les dades, la representació a sobre d'un mapa dels casos, la presentació de la informació dels casos, la possibilitat de presentar-los filtrats per data i, finalment, l'aplicació d'una funció de geoprocés. L'operació triada és un buffer respecte a un punt seleccionable a una distància seleccionable. Tanmateix permet fer zoom als diversos elements representats, així com també esborrar-los. Aquesta capa fa ús dels serveis i elements de Flex i ArcGis API for Flex segons estableix l'enunciat del TFC.

La capa de negoci (capítol 5) inclou la gestió dels serveis propis, i també la crida a serveis d'ArcGis de geoposicionament, servidors de mapes i servidors de geometria. És l'encarregada d'implementar tots els handlers dels controls de la capa d'usuari i els de les operacions que es desencadenen posteriorment. Dels darrers cal destacar-ne: sol·licitud i recepció asíncrona dels resultats de geolocalització i conseqüent actualització de la BBDD, sol·licitud i recepció dels resultats del càlcul d'un buffer geomètric respecte a un punt, i finalment, l'anàlisi dels casos afectats pel buffer mitjançant consultes a un servei geomètric. Com anteriorment, la capa fa ús de Flex i ArcGis API for Flex segons estableix l'enunciat del TFC.

La capa de dades (capítol 6) està formada per un gestor de BBDD que es connecta a la capa lògica mitjançant uns serveis intermediaris, donat que Flex no té suport nadiu per a comunicar-se amb bases de dades. Aquests serveis fan referència tant a la consulta de les dades contingudes a la BBDD com a les consultes orientades a l'actualització dels camps geogràfics fruit de la geolocalització de cada registre. Dintre de la capa de dades, cal incloure els servidors consultats per a les crides a servidors d'ArcGis que formen part de la capa de negoci. Al capítol 6 es descriuen en detall les tecnologies seleccionades.

4 La capa de presentació

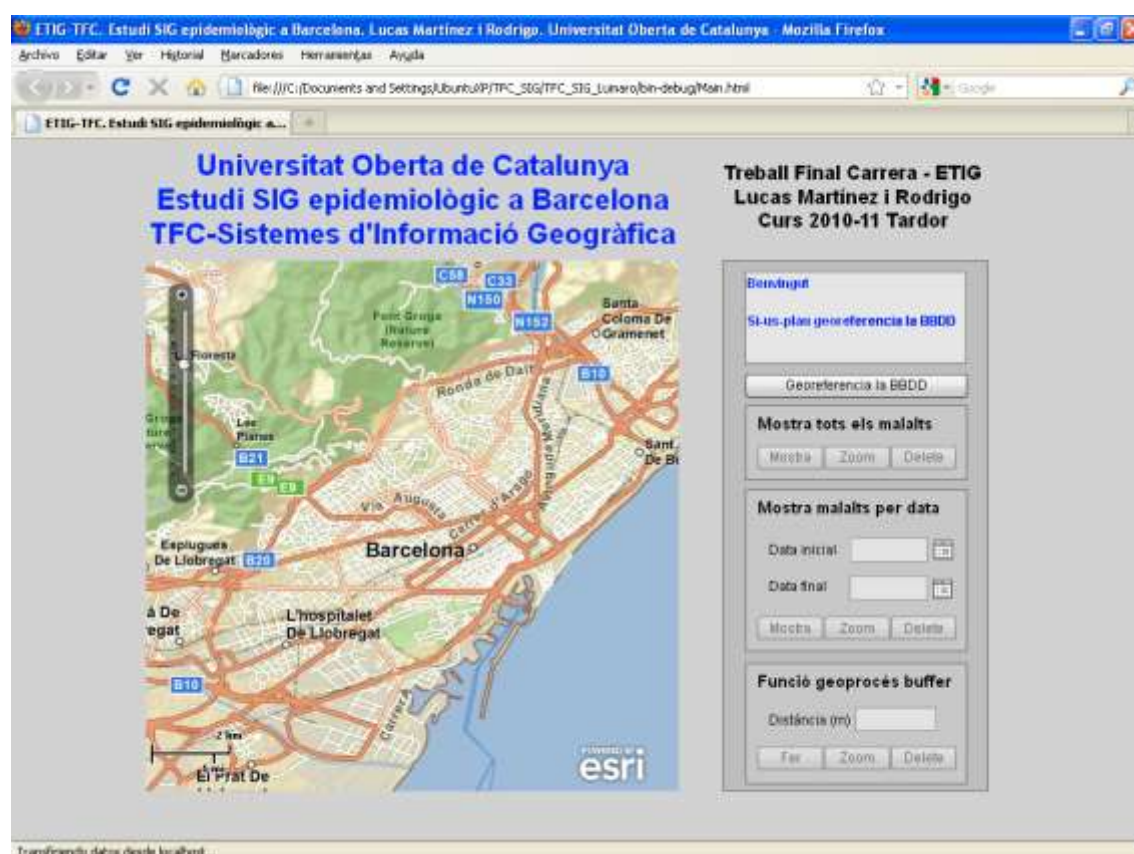
4.1 Introducció

La capa de presentació (d'usuari) i la capa lògica són les més íntimament lligades al patró MVC. Per aquest motiu són igualment complexes de separar i delimitar on finalitza una i on s'inicia l'altra. Degut a aquesta circumstància i atenent a criteris de simplicitat i eficiència, la capa de presentació té un disseny sobri sense detriment de la seva funcionalitat i operativitat.

Els següents apartats del capítol fan una aproximació general al disseny i l'aspecte de la capa de presentació, descrivint-ne posteriorment i en detall cadascun dels elements i controls de Flex i ArcGIS API. Per últim es descriu la interacció de la capa de presentació amb la capa lògica.

4.2 Interfase gràfica

La interfase d'usuari (incloent-hi la part gràfica) està programada en Adobe Flex 4 i l'Api de ArcGIS 2.2 per Flex. El seu disseny gràfic és mesurat, però respecta les normes bàsiques d'accessibilitat i usabilitat (Il·lustració 3).



Il·lustració 3. Interfase gràfica de la capa de presentació de l'aplicació Web-SIG

Com es pot observar, estem davant d'una aplicació web amb tres grans grups d'elements clarament diferenciats:

- Zona d'informació estàtica descriptiva (part superior)
- Zona de cartografia (esquerra)
- Zona d'informació dinàmica i controls (dreta)

4.3 Zona d'informació estàtica descriptiva

Com es mostra a la Il·lustració 3 hi ha diversos rètols estàtics per identificar el títol, context i autoria de l'aplicació. Estan realitzat amb l'objecte Flex `<s:RichText/>` i els seus atributs han estat col·leccionats per resultar ergonòmics.

4.4 Zona de cartografia

La zona central esquerra té un espai per la cartografia de base amb l'objecte ArcGIS API `<esri:Map>`. Els seus límits inicials estan calculats per abastar amb lleugera generositat els límits municipals de Barcelona. Aquest element fa ús de diversos serveis addicionals:

- Una cartografia de base amb l'objecte ArcGIS API `<esri:ArcGISTiledMapServiceLayer/>`
- Capes per representar els malalts amb l'objecte ArcGIS API `<esri:GraphicsLayer/>`
- Una finestra emergent per mostrar la informació dels malalts amb l'objecte `<esri:infoWindowContent/>`

Aquesta part de la capa de presentació és l'element d'entrada i sortida de la interfase. Permet modificar la ubicació de la finestra al territori així com el seu zoom, fixat inicialment per abastar els límits municipals de Barcelona. La selecció dels gràfics representatius dels malalts és també una manera d'interaccionar amb el sistema, donat que genera la mostra de tota la seva informació.

4.5 Zona d'informació dinàmica i controls

Aquesta part de la capa de presentació és la més purament d'interacció de l'usuari amb el sistema, ja que permet enviar la majoria d'ordres i comandes. A més a més, el sistema mostra informació de manera dinàmica a una finestra inclosa en aquesta part.

Per realitzar-la s'han emprat diversos `<s:BorderContainer/>` per separar els controls i elements en agrupacions lògiques encaminades a proveir els serveis descrits a continuació.

4.5.1 Informació dinàmica

Aquesta finestra d'informació és on el sistema informa de l'evolució de les accions i càlculs que s'estan realitzant. Tanmateix, suggereix al usuari possibles accions a realitzar en funció de l'estat i les accions prèvies.

Per implementar-la s'ha emprat un Flex `<mx:TextArea/>`

4.5.2 Georeferència de la BBDD

Aquest control implementat mitjançant un Flex `<s:Button>` és el primer pas per fer servir l'aplicació, que pressuposa que les dades no tenen georeferència. En finalitzar, dona accés a la representació i el geoprocés.

4.5.3 Representar tots els casos de malalts

Aquesta secció és dintre d'un Flex `<s:BorderContainer/>` que agrupa diversos botons fets amb Flex `<s:Button>` per permetre representar tots els casos de malalts, fer zoom als mateixos i esborrar-los tots del mapa.

4.5.4 Representar els casos de malalts filtrats per data

Aquesta és una especialització de la secció anterior, que incorpora addicionalment uns selectors de data inicial i final amb l'objecte Flex `<mx:DateField/>` de manera que només els malalts que són dintre de l'interval es mostren a sobre de la cartografia. Implementa també, com en el cas anterior, la capacitat de fer zoom als malalts i esborrar-los tots del mapa.

4.5.5 Càlcul d'un buffer i identificació dels malalts que hi són al mateix

Finalment, tenim una secció dedicada a la funció de geoprocés buffer (trobar els malalts que estan a menor o igual distància d'un punt). En aquest cas, el més destacable és una finestra per introduir la distància del buffer que està programada amb un Flex `<s:TextInput/>`. Tanmateix hi ha uns controls de tipus botó (Flex `<s:Button>`) per fer el buffer (activa la selecció del punt i desencadena el seu dibuix i l'anàlisi de quins malalts hi són, canviant-ne la representació gràfica), per fer zoom al buffer i esborra el buffer.

4.6 Elements d'entrada i sortida de la interfase

Durant el desenvolupament i implementació de l'aplicació es va fer servir una finestra per mostrar informació parcial i traces que ajudessin al debug amb un Flex `<mx:TextArea/>`. Aquesta finestra i el codi que enviava informació a la mateixa no es troba a la versió final de l'aplicació.

4.7 Interacció amb la capa de negoci

Totes les accions descrites a l'apartat anterior són interaccions de la capa de presentació amb la capa lògica. Els casos més evidents són els handlers dels botons i el llançament d'events quan el dispositiu d'interacció humana (ratolí) passa per damunt d'elements.

5 La capa lògica

5.1 Introducció

La capa lògica (o de negoci) és una de les més importants en aquesta aplicació. En primer lloc perquè es troba al mig de les altres dues capes, i per tant la seva tasca és feixuga. A continuació, perquè la seva acció és poc aparent per estar amagada a l'usuari. Per últim, perquè aquest Treball té com a un dels seus objectius utilitzar diferents serveis i components d'informació geogràfica a l'abast de tothom, i creuar informació generada mitjançant diverses fonts d'informació. Per aquests motius, la capa lògica farà ús de diversos serveis externs i lògicament aquest enviament i recepció d'informació processada ha de ser extremadament curós (i.e. fent servir el mateix sistema de referència per les coordenades, que per aquest treball és WGS84, el mateix que fan servir els GPS, i indistingible del ETRS89, que és el sistema de referència oficial actualment a Espanya).

Els següents apartats del capítol fan una aproximació general a la capa lògica, descrivint posteriorment i en detall cadascun dels elements Flex i ArcGIS API que conté, com també els serveis externs cridats per a aconseguir les funcionalitats requerides. Finalment, es descriu la interacció de la capa lògica amb la capa de dades.

5.2 Principis bàsics del seu disseny

Aquesta capa lògica o de negoci és la responsable de la gestió de les altres dues i de tasques costoses a nivell computacional. Per això també està plantejada per integrar el màxim de recursos externs que permetin alliberar recursos del sistema propi, distribuint el treball proveïdors de serveis i dades.

5.3 Informació dinàmica de l'evolució de les operacions

La capa lògica proveeix a la capa de presentació d'informació de l'estat dels càlculs, així com també de les opcions disponibles en cada moment per a realitzar per part de l'usuari.

Això es realitza mitjançant unes variables globals per poder ser accedides per tots els mètodes, fins i tot els que s'executen de manera asíncrona, com es detallarà posteriorment.

Aquest servei no respon a cap objectiu principal de l'aplicació però incrementa substancialment el feedback que es proporciona a l'usuari respecte a l'execució de les accions sol·licitades, i també serveix com a guia petita e intuïtiva de l'aplicació. Juntament amb l'activació i desactivació dels controls de la capa de presentació que tenen sentit o deixen de tenir-lo, respectivament incrementa la usabilitat del producte.

5.4 Implementació dels handlers dels controls de la capa de presentació

Com es comenta a apartats anterior la capa de negoci rep diversos inputs de la capa de representació orientats bàsicament a atendre les funcions Web-SIG que implementa aquest projecte.

Aquests serveis, íntimament lligats als elements descrits a la capa de presentació en anteriors capítols de la memòria, tenen una important component de programació. Per donar el servei que s'espera d'ells es fan servir tant algorismes directament programats al bloc `<fx:Script>` com crides a serveis gràfics i de càlcul geodèsic. Aquestes últimes es descriuen i comenten posteriorment en apartats successius.

Pel que fa a l'algorísmica programada *ad hoc* pel treball, cal destacar diverses estratègies utilitzades que minimitzen el nombre de funcions:

- L'opció de mostrar totes les dades o filtrades per data comparteixen la major part del seu codi.
- Les funcions de zoom (malalts i buffer) criden al mateix servei enviant com a argument la capa corresponent.

Per últim, és interessant esmentar com els diferents handlers s'encarreguen d'activar i desactivar els controls de la capa de presentació que tenen o deixen de tenir sentit en cada moment (com per exemple a l'inici de l'aplicació, que només es pot geocodificar la base de dades).

5.5 Serveis gràfics proveïts a la capa de presentació

La capa de negoci gestiona el proveïment de moltes dades a la capa de presentació, en particular objectes gràfics, mapes, etc. Somerament podríem dir que són els següents.

- Cartografia de base obtinguda de serveis i servidors Esri amb l'objecte ArcGIS API `<esri:ArcGISTiledMapServiceLayer/>` i el servidor http://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Street_Map/MapServer
- Gràfics representatius dels malalts, amb diverses instàncies de l'objecte ArcGIS API `<esri:SimpleMarkerSymbol/>` i ArcGIS API `com.esri.ags.Graphic` a un ArcGIS API `<esri:GraphicsLayer/>`;
- Gràfics representatius de la funció de geoprocés buffer, generats amb l'objecte ArcGIS API `<esri:GeometryService/>` i el servidor d'Esri <http://sampleserver1.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/Geometry/GeometryServer>
- Distàncies dels malalts afectats pel geoprocés buffer, calculats amb el mateix objecte i servidor que el cas anterior.

Algunes d'aquestes operacions són típiques de l'entorn SIG i poden ser implementades a la capa lògica o a la capa de dades directament si aquesta darrera té implementat els corresponents serveis SIG. En aquest sentit s'ha preferit fer-ho a la capa lògica per tenir un control exhaustiu i evitar efectes indesitjats com la simplificació de les formes al rectangle mínim contenidor, etc.

Tot i que són tasques delegades, impliquen una part no menyspreable de la funció de la capa lògica i per això es descriuen a continuació en detall.

5.6 Servei de georeferenciació de ArcGIS

Un dels serveis a implementar al projecte, que és un prerequisit per a la resta d'operacions gràfiques, és l'assignació de coordenades als casos descrits a la base de dades mitjançant adreça postal de la ciutat de Barcelona.

Per a aquesta tasca s'ha integrat al projecte el servei de geoposicionament de ArcGIS per Europa amb l'objecte `<esri:Locator/>` i el servidor http://tasks.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/Locators/TA_Address_EU/GeocodeServer.

L'elecció respon a motius de compatibilitat del servei amb els objectes del propi ArcGIS que són d'un mateix proveïdor i un rendiment equivalent a altres opcions. Tanmateix, el servei d'ArcGIS ha estat triat per acotar el nombre de proveïdors de tecnologies, amb l'objectiu d'evitar una fragmentació excessiva amb la conseqüent heterogeneïtat de dades i formats que no simplifica el disseny i implementació, més aviat el contrari.

Aquest servei té un cost temporal elevat, de diversos segons per consulta i per tant, amb els seus resultats es planteja una política de persistència enregistrant-los a la base de dades per ulteriors consultes. El sistema proporciona les coordenades geogràfiques (latitud i longitud) en graus sexagesimals decimals (i.e. latitud 42,2545° longitud 2,3456°) al sistema de referència WGS84.

Cal tenir present que la crida genera una sèrie de crides que son contestades de manera asíncrona pel servidor, de manera que no necessàriament tornen en el mateix ordre en el qual van ser enviades. Això afegeix la dificultat d'identificar unívocament totes les crides al servei. Aquesta tasca és possible gràcies a l'identificador únic de cada malalt que s'ha d'afegir a la crida per poder actualitzar correctament la base de dades en rebre la resposta.

5.7 Proveïdor de mapes de ArcGIS

La component geogràfica de l'àmbit SIG mostra tota la seva potència gràcies a la capacitat de sobreposar informació georeferenciada a sobre de cartografia de base.

Per a aquesta funcionalitat s'ha integrat al projecte el servei de mapes d'ArcGIS `World_Street_Map` amb l'objecte `<esri:ArcGISTiledMapServiceLayer/>` http://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/World_Street_Map/MapServer que funciona sense cap problema al sistema de referència WGS84.

L'elecció respon a motius d'eficiència temporal i de recursos a la màquina client enfront a un mapa d'imatge, com també al detall i qualitat que ofereix a l'elevada resolució que requereix l'àmbit geogràfic al qual s'adscriu aquest projecte. Altres opcions, com ara ortofotomapes, tenen un aspecte visual atractiu, però tenen un major cost a l'hora de transmetre les dades i no resulten tan clars com el mapa de tipus carrerier triat.

5.8 Serveis de geometria ArcGIS

Altres serveis menys coneguts però igualment importants, com la generació de gràfics de buffer i el càlcul de distàncies geodèsiques (recordem que es treballa en un sistema de coordenades geodèsic, no en un sistema de coordenades projectat que conservi les distàncies), són possibles al Treball per la integració del servei de geometria d'ArcGis amb l'objecte `<esri:GeometryService/>` i el servidor <http://sampleserver1.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/services/Geometry/GeometryServer>

Tant la generació del gràfic del buffer, com el càlcul de distàncies del centre del buffer a cada punt representatiu d'un malalt són serveis amb resposta asíncrona. Això no genera una dificultat greu en el cas del buffer (tant sols cal esperar uns segons a que aparegui). Malauradament, sí ho és en el cas de la mesura de distància, que cal etiquetar amb l'identificador del malalt, per analitzar a posteriori si cal modificar les seves propietats gràfiques (canvi del color del seu gràfic identificador) si resulta estar afectat pel buffer.

Les característiques dels handlers i events de Flex fan impossible etiquetar de manera complexa les crides, essent l'esmentat identificador l'única possibilitat que s'ha pogut implementar. D'aquesta manera a posteriori cal fer una cerca a tots els malalts representats a la capa gràfica corresponent, fins a trobar l'adient per procedir a modificar les seves propietats.

D'aquesta manera, les relacions espacials es deleguen a un servei especialitzat, que ens proporciona resultats vàlids i representables a qualsevol sistema de coordenades per a la representació cartogràfica.

5.9 Connexions a la capa de dades

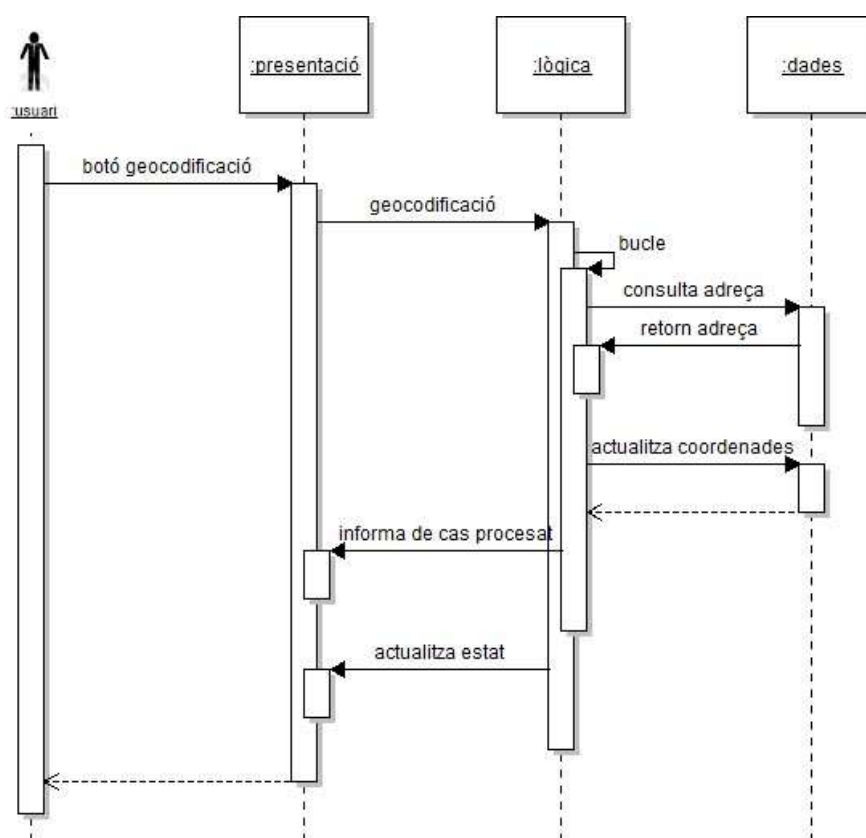
La interacció de la capa lògica amb la capa de dades es realitza només per dues activitats: consultar tota la base de dades o actualitzar les coordenades d'un registre: totes dues des del handler de la georeferenciació, i la primera des dels handlers de les representacions dels malalts al mapa.

En relació a als esmentats handlers que impliquen consultes a la base de dades, cal indicar que fan ús del servei FLEX `<s:HTTPService/>`. La consulta de dades es realitza en format "e4x" (XML) que pot ser tractat com a tipus propi des de FLEX. D'altra banda, l'actualització de la base de dades es realitza amb el mateix servei però en mode "POST", per enviar-li les dades necessàries per identificar el malalt, com també les coordenades per actualitzar els camps del registre corresponent a la base de dades.

Tampoc no cal oblidar que els serveis cartogràfics i geogràfics amb els quals hem proveït de dades o resultats la nostra aplicació també fan consultes a les seves bases de dades.

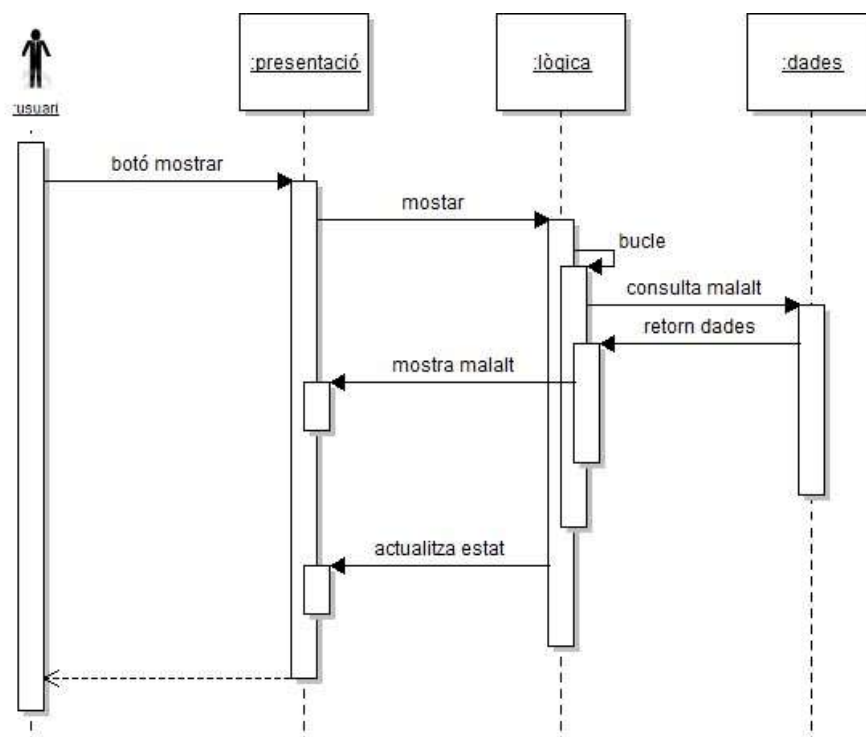
5.10 Diagrames de seqüència principals

A continuació es mostra mitjançant un diagrama UML de seqüència les relacions entre les diferents capes durant l'execució de les principals tasques de l'aplicació. Així la il·lustració 4 mostra el procés de geolocalització.

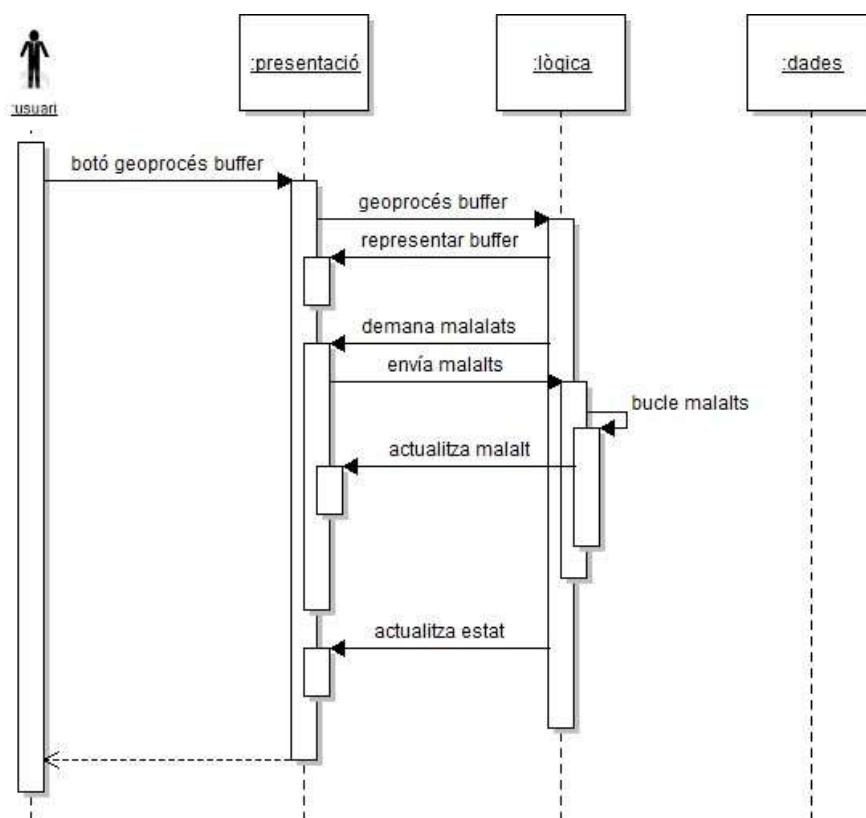


Il·lustració 4. Diagrama de seqüència per la geolocalització

Per la seva part, la il·lustració 5 i la il·lustració 6 mostren les relacions entre les capes del model quan s'atén la funcionalitat de mostrar els malalts i de geoprocessar per buffer, respectivament.



Il·lustració 5. Diagrama de seqüència per mostrar els malalts



Il·lustració 6. Diagrama de seqüència per geoprocessar per buffer

6 La capa de dades

6.1 Introducció

La capa de dades és la més aïllada al patró MVC. Per aquest motiu és més fàcil d'acotar i descriure. Tant és així que el gestor de BBDD és podria substituir per un altre amb només lleus modificacions.

Els següents apartats del capítol fan una aproximació general al disseny i aspecte de la capa de dades, descrivint la base de dades de l'estudi i les solucions tecnològiques triades per a aquest TFC.

6.2 Base de dades de l'estudi

El Projecte proposat fa servir les dades de la taula Acces tbmapas09, que mostra els casos de tuberculosi a la ciutat de Barcelona de l'any 2009, enregistrats per l'Agència de Salut Pública de Barcelona (ASPB).

| Taula Acces tbmapas09 de ASPB | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Variable | Descripció |
| num_reg | identificador únic de registre |
| adr | carrer |
| adrn | número del carrer |
| PAIS | indica la nacionalitat del cas |
| DM | indica el districte |
| BARRI | Indica el barri |
| abs | vol dir area bàsica de salut |
| zona | àrees integrals de salut |
| EDAT2 | indica l'edat del pacient |
| EDATEMI | classifica als pacients per edats |

Taula 3 Descripció de les dades pel projecte de la taula Acces tbmapas09

A més a més, amb la taula es distribueix una descripció de les codificacions dels camps PAIS, DM, BARRI, zona i EDATEMI, que no deixen de ser taules addicionals del mateix model de dades.

La georeferenciació espacial i la ubicació temporal de cada cas és un aspecte important del projecte. Per aquest motiu, es definiran a la BBDD del treball un parell de camps per a conservar les coordenades de cada registre i un camp per assignar una data a cadascun dels casos de la taula original.

Pel que fa a la georeferenciació s'ha optat per realitzar un cop la geolocalització de les adreces a partir de la informació continguda als camps adr i adr_n, i per emmagatzemar la ubicació durant tot l'ús de l'aplicació.

Respecte a la referència temporal dels casos, s'ha optat per assignar una data creada de manera aleatòria durant la migració de les taules a la BBDD.

6.3 Sistema gestor i connectivitat

La capa de dades es relaciona amb la capa lògica. Com la darrera està implementada en Flex, no existeix una capacitat nativa de fer crides directes des de la primera. Això fa necessari l'ús d'una tecnologia de connexió entre totes dues (Flex i el gestor de BBDD).

El gestor de BBDD seleccionat per al projecte és MySQL, donat que és un software no privatiu, amb gran difusió i fàcil d'utilitzar. A més a més, el llenguatge PHP té capacitat nativa per manegar MySQL, el que ens permet sortir al pas de la l'esmentada dificultat de Flex. Això és gràcies a que Flex manega com a tipus propi els arxius XML, i PHP ens permet retornar els resultats d'una consulta SQL a la base de dades en format XML. Pel que fa a l'actualització de la BBDD des de Flex, el PHP també dona resposta al problema ja que és possible enviar-li paràmetres des de FLEX, i PHP els pot incloure en les crides SQL corresponents.

Per poder fer servir PHP és necessari instal·lar serveis o software addicional al sistema. En aquest cas, la solució més robusta i al mateix temps fàcil ha estat el servidor WAMP EasyPHP, que incorpora MySQL, Apache, PHP, i PhpMyAdmin. Aquest darrer és una aplicació web de fàcil ús per administrar les bases de dades gestionades per MySQL

6.4 Continguts de la base de dades

A la base de dades TFC_SIG_Lumaro s'han incorporat les dades provinents del Servei d'epidemiologia de Barcelona pels casos de tuberculosi registrats a la ciutat de Barcelona durant 2009. S'ha respectat el format i camps lliurats pel proveïdor de les dades, per garantir la compatibilitat amb altres aplicacions, tot i que l'enunciat del projecte no especifica cap condició al respecte.

La taula seb conté totes les dades proporcionades pels casos, més dos camps addicionals per les coordenades i un d'addicional per les dates. Les informacions addicionals com ara les codificacions dels camps de la taula seb són a les següents taules:

- Taula nomsDePais: codificació de país d'origen
- Taula nomsDeDM: codificació del districtes de residència
- Taula nomsDeBarri: codificació del barri de residència
- Taula nomsDeZona: codificació d'àrees integrals de salut
- Taula nomsDeEDATEMI: codificació per edats dels pacients

Aquestes taules faciliten mostrar a la capa client la informació de manera més entenedora.

Tota l'estructura de taules i camps, així com els corresponents registres, estan desats com a comandes SQL per al seu emmagatzematge i interoperativitat en cas que es substitueixi el sistema gestor de BBDD.

6.5 Connectivitat PHP amb la capa de dades

L'entorn PHP és molt adequat per connectar MySQL amb els serveis de dades de Flex, ja que per un costat PHP té una integració total amb MySQL, i també permet rebre des de Flex informació i dades per a generar consultes a la base de dades.

Les connexions PHP entre Flex i MySQL implementades són només dues, les següents:

- Consulta d'informació del pacient: proporciona a Flex totes les dades disponibles per mostrar a l'usuari d'un cas concret, combinant les diverses taules de la base de dades del projecte
- Actualització coordenades geodèsiques: incorpora a MySQL les coordenades dels punts als camps corresponents per a cada registre

Per tant, amb només un parell de fitxers PHP es dona suport a la connexió de Flex i MySQL via PHP, sense detriment de l'eficiència del sistema. Tampoc no es delega cap consideració SIG a la capa de dades, donat que les funcions d'aquest tipus que MySQL implementa no són del tot acurades i l'ús de coordenades geogràfiques decidit faria massa complexa una comanda SQL amb un criteri de distància geodèsica.

7 Resultats de l'aplicació. Ús en vigilància epidemiològica

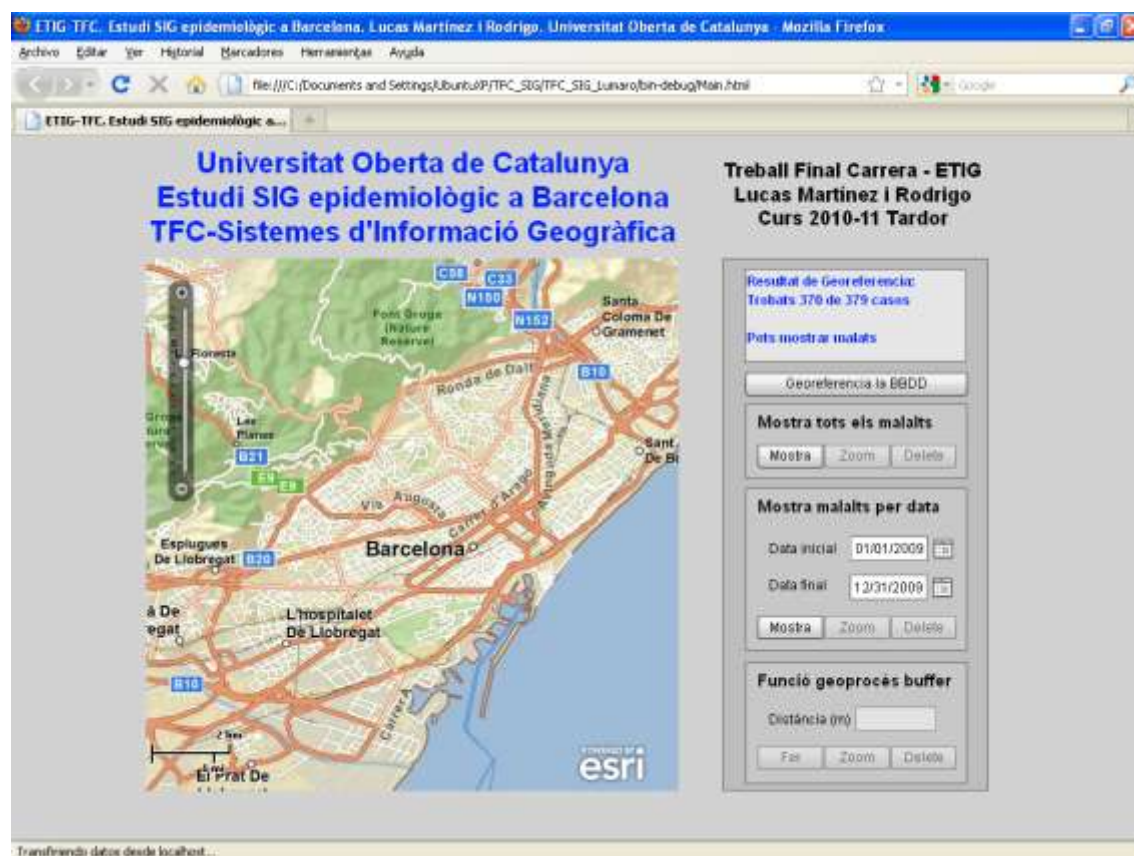
7.1 Introducció

En aquesta secció es mostren diversos casos d'utilització de l'aplicació per analitzar l'ús de la tecnologia dels SIG en el domini sanitari i la vigilància epidemiològica.

Els apartats següents mostren l'ús de l'aplicació desenvolupada en aquest TFC, com també els resultats que s'estima puguin ser d'aplicació en el domini sanitari.

7.2 Geolocalització de les dades

La geolocalització o georeferenciació és l'assignació de coordenades, en aquest cas a partir de l'adreça del malalt. El procés és la primera i única opció en engegar l'aplicació i quan finalitza (il·lustració 7) permet realitzar altres operacions com ara mostrar, o mostrar per data, els malalts.



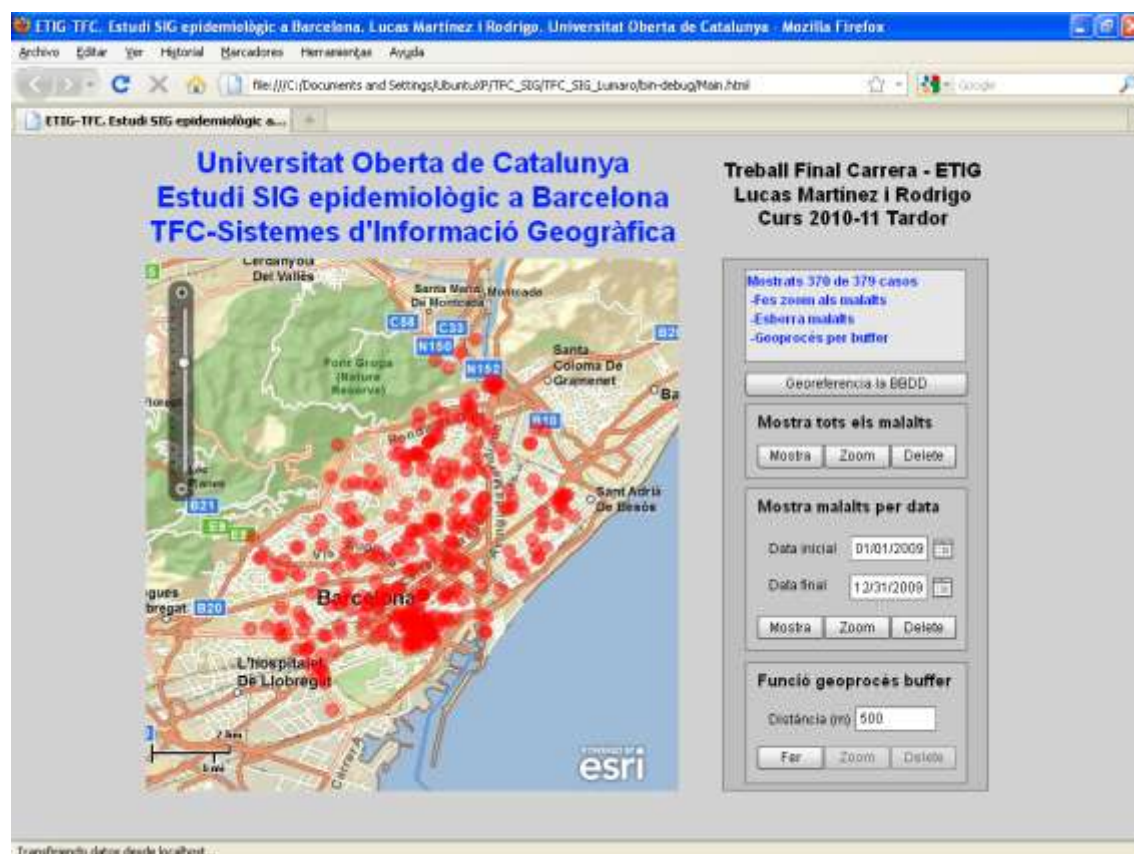
Il·lustració 7. Geolocalització de les dades

Com es veu a la finestra d'informació, no tots els malalts han estat trobats pel sistema, bé perquè no és disposa de la seva adreça o bé perquè tot i tenir una adreça vàlida la geolocalització no ha finalitzat amb èxit.

7.3 Representació de tots els casos

L'opció principal i uns dels objectius cabdals de l'aplicació és mostrar els malalts a sobre del mapa, com es mostra a la il·lustració 8.

Com es pot observar, els malalts són representats amb un disc vermell amb transparència per no perdre la visió del mapa, i també per ajudar a detectar acumulació de punts.



Il·lustració 8. Representació de tots els casos

Com es comenta a l'apartat anterior, la simple representació de les dades ens permet detectar tendències en la distribució dels malalts. A grans trets, podríem dir que hi ha casos distribuïts per tot el terme municipal de Barcelona. Però una inspecció detallada mostra que hi ha una densitat de casos superior al districte de Ciutat Vella.

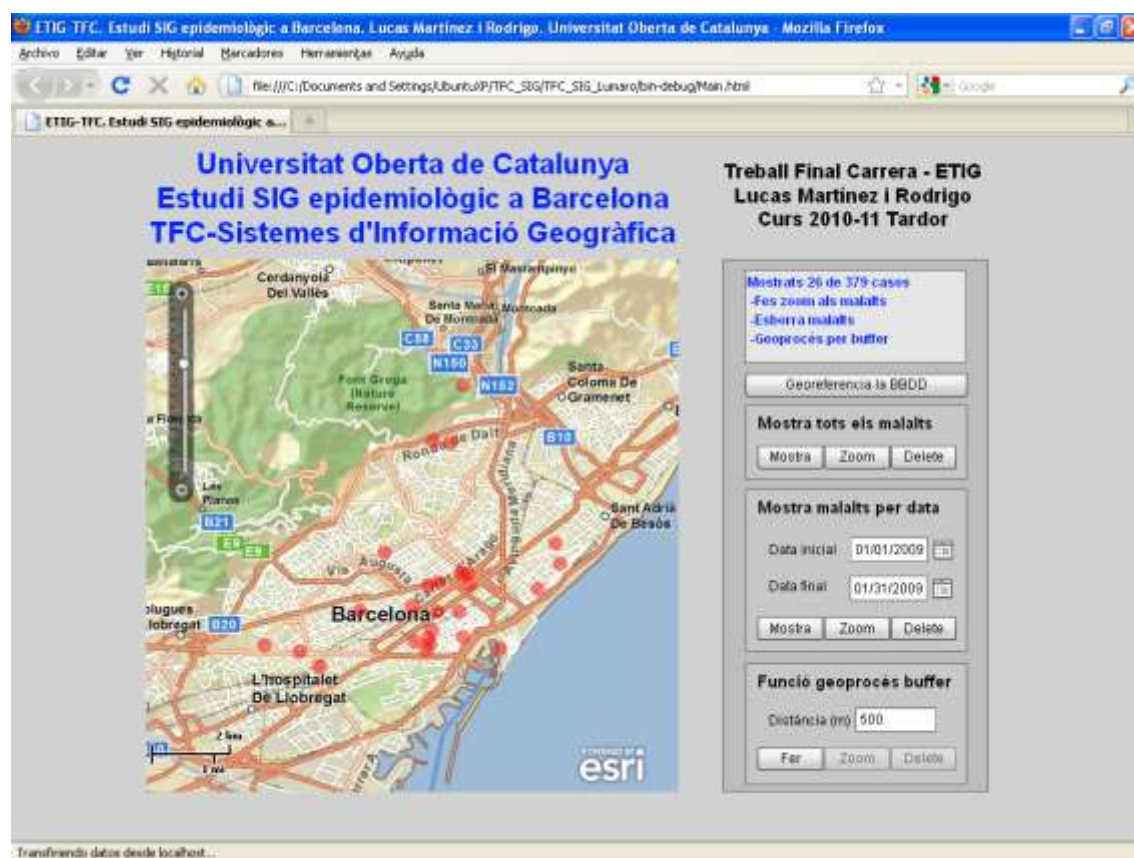
Aquesta anàlisi és merament qualitativa, però de gran utilitat, ja que dona valuoses indicacions de com analitzar les dades, de quins factors associats a l'estructura de la població poden ser factors de risc per una malaltia. Gràcies a això, l'eina WebSIG permetria obtenir conclusions d'utilitat per a la gestió i prevenció sanitària.

7.4 Filtratge per data

L'opció secundària, tot i que no menys important que l'anterior, és mostrar els malalts al mapa, però triant un interval per al camp que ens indica la declaració de la malaltia.

Aquesta opció amb dates reals ens permetria detectar patrons temporals, com ara variacions estacionals (potser més a hivern o independència d'aquests factors), hàbits o procediments del sistema (més declaracions a principi o final de mes, abans o després dels períodes de vacances, etc.).

La Il·lustració 9 exemplifica el filtratge de les dades pel cas del mes de gener de 2009. En comparació amb l'apartat anterior, el nombre de dades mostrades és molt inferior i, per tant, la seva distribució geogràfica no és tot el municipi de Barcelona.



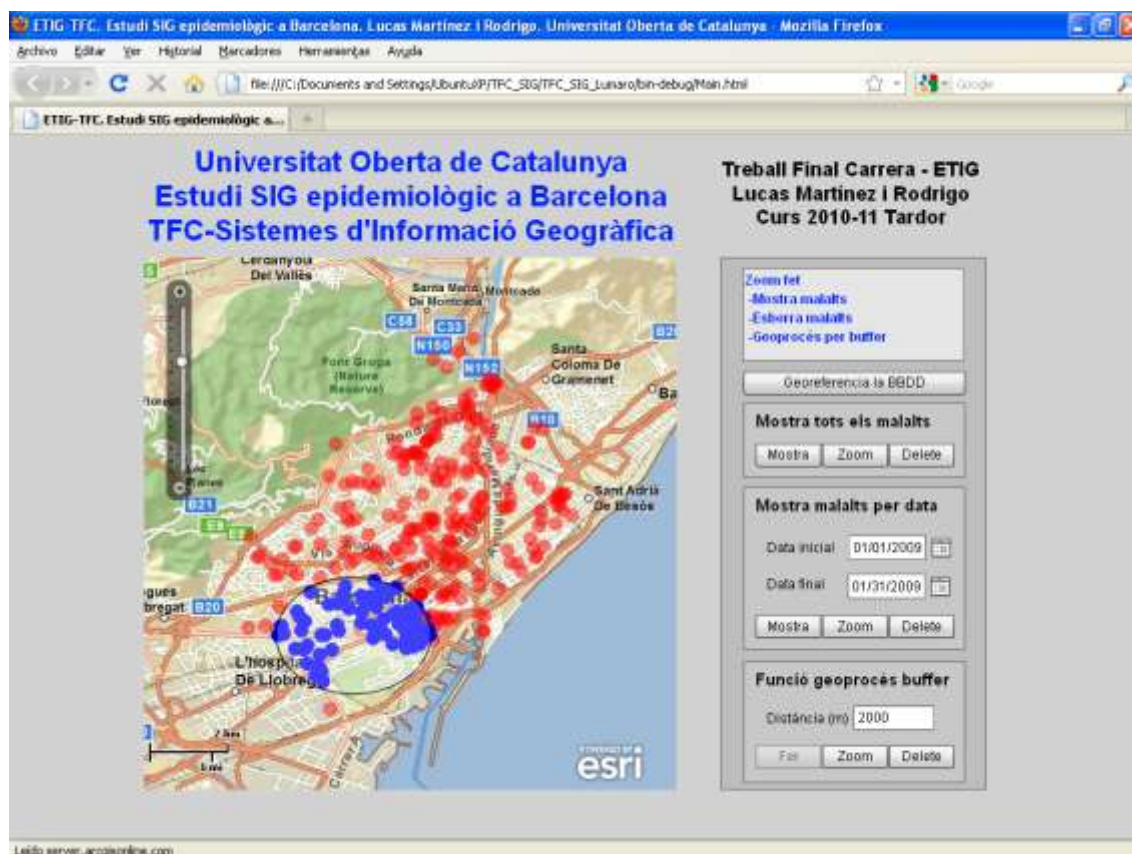
Il·lustració 9. Representació dels casos filtrats per data

Per sortir al pas d'aquest rang de coordenades diferents, està implementada la funció de realitzar un zoom a les dades mostrades en cada cas. Així, la Il·lustració 10 fa ús d'una representació filtrada per data als primers set dies de gener, així com l'aplicació d'un zoom pel conjunt de dades obtingudes.

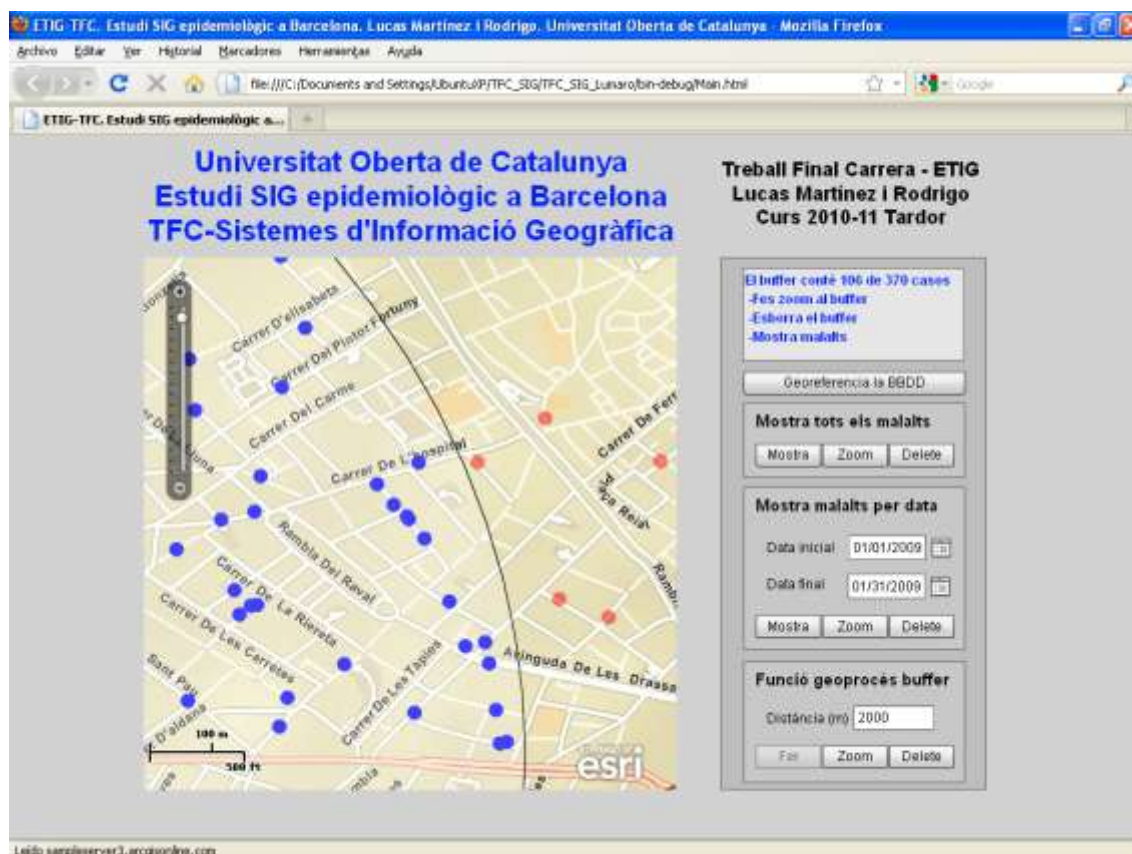
A més a més i mitjançant la col·locació del punter al damunt d'un dels casos, es pot veure a la Il·lustració 10, com es mostren a una finestra flotant que s'ubica de manera automàtica, les dades més rellevants del malalt.

El darrer objectiu de l'operativitat de l'aplicació és el geoprocés avançat mitjançant una funció buffer. Es tracta doncs de poder dibuixar un buffer respecte a un punt per establir la regió que es troba a menor o igual distància d'una distància que l'usuari pot modificar. Igualment, el sistema analitza els casos que s'estan mostrant per destriar els que estan afectats pel buffer i distingir-los de la resta.

Els malalts que queden afectats pel buffer modifiquen la seva representació gràfica a un disc sòlid de color blau, que permet distingir-los perfectament dels que no estan afectats.

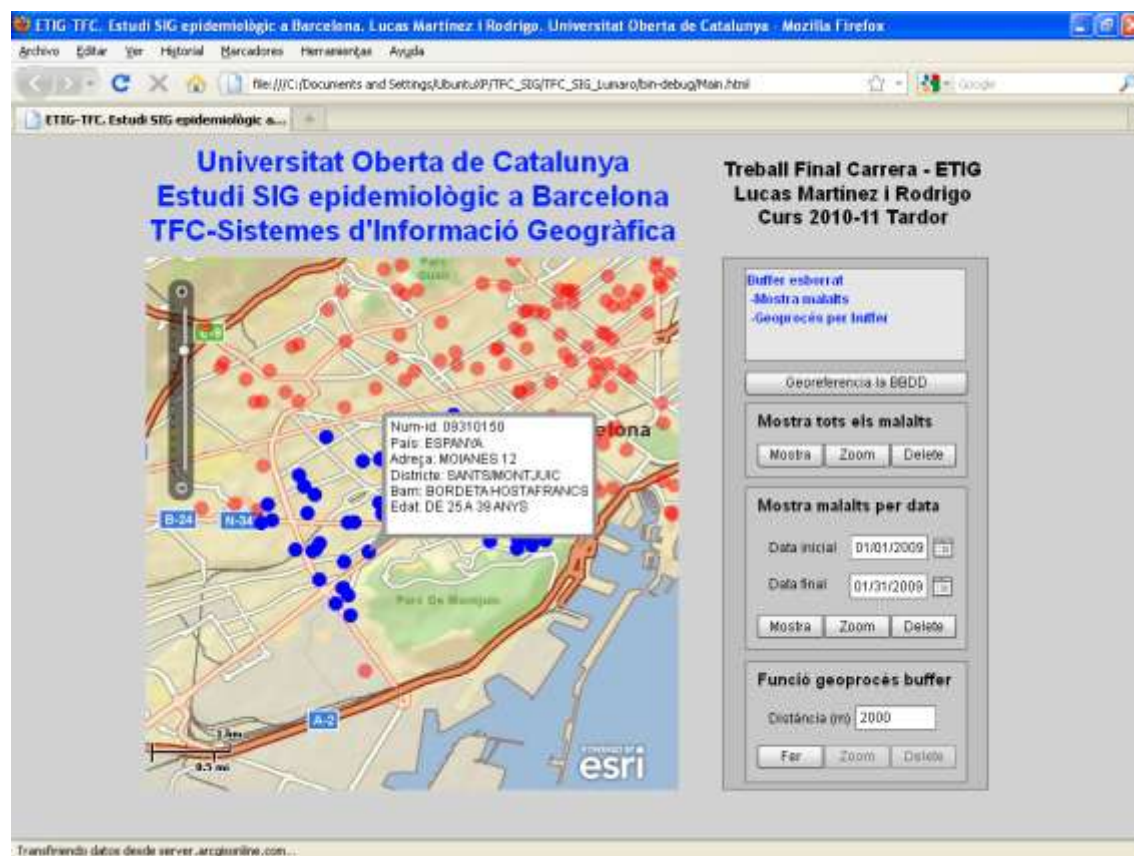


Il·lustració 11. Geoprocés avançat per buffer. Creació d'un buffer



Il·lustració 12. Geoprocés avançat per buffer. Anàlisi de les dades afectades pel buffer

La Il·lustració 12 ens permet analitzar en detall un zoom de la zona limítrof del buffer, on podem observar com el sistema verifica la condició geomètrica del buffer amb precisió, ja que calcula la distància de cada malalt al centre del buffer. Per tant, resol amb rigor els casos que es troben a prop del límit com evidència l'esmentada il·lustració.



Il·lustració 13. Geoprocés avançat per buffer. Informació de les dades afectades pel buffer

Els casos afectats pel buffer poden ser analitzats també obtenint-ne la informació a una finestra si es treu la representació gràfica del buffer des del seu corresponent botó d'esborrar. Aquest procés es correspon amb la il·lustració 13.

Per últim, podem deixar passar per alt un detall important que la il·lustració 11 deixa manifest. Aquesta circumstància és la forma i aparença del buffer. Per definició, un buffer respecte a un punt es correspon a una circumferència, però la il·lustració ens mostra una el·lipse. Lluny de tractar-se d'una incorrecció, estem davant l'efecte d'un típic problema geodèsic: la representació d'una realitat esfèrica i tridimensional (la Terra) a un espai pla bidimensional (els mapes). Donat que la cartografia triada està en coordenades geogràfiques, l'escala vertical i l'horitzontal són iguals en magnituds angulars (graus) però són diferents quan les traslladem a magnituds lineals (metres), el que provoca aquestes aparents distorsions.

8 Conclusions i perspectives obertes

8.1 Introducció

En aquesta secció es realitza la reflexió final del Treball Final de Carrera. Per un costat s'analitza l'assoliment dels objectius plantejats per al Treball. Per un altre, es descriuen les limitacions trobades durant la seva realització, així com també es reflexiona sobre les alternatives i millores que es podrien arribar a introduir.

8.2 Conclusions

En aquest Treball Final de Carrera s'ha estudiat l'arquitectura conceptual i també els elements necessaris pel desenvolupament d'aplicacions RIA Web-SIG per donar suport al domini sanitari i de vigilància epidemiològica.

S'han emprat serveis públics d'informació geogràfica provinents de diverses fonts d'informació i en particular d'Esri, fent servir el llenguatge de programació Flex d'Adobe amb l'API d'ArcGis per aquest llenguatge i el WAMP EasyPHP per proveir principalment serveis PHP i el gestor de bases de dades MySQL.

El resultat és una aplicació web totalment operativa i funcional que permet utilitzar les dades proporcionades pel SEB de malalts de tuberculosi a Barcelona durant l'any 2009, geocodificar-les i representar-les a una cartografia amb la possibilitat de filtrar-los per data de declaració del cas. Tanmateix, es pot consultar la informació de cada malalt mitjançant una finestra flotant. Per últim, permet una anàlisi geogràfica avançada consistent en la representació d'un buffer respecte a un punt que destaca la representació dels malalts que s'hi troben.

La implementació de l'aplicació ha estat en determinats moments fins i tot feixuga degut al gran i divers nombre de tecnologies diferents que comporta, la manca de familiaritat amb els llenguatges per etiquetes com el MXML de FLEX, el desconeixement de programació en PHP i la dificultat intrínseca de programar en un llenguatge i una API (FLEX i ArcGIS API for FLEX) desconegudes a priori en iniciar el Treball.

L'aplicació s'ha provat amb excel·lents resultats, evidenciant que la dimensió geogràfica i en particular les eines WebSIG s'esdevenen com a una potent eina per l'anàlisi de la distribució dels malalts als diversos barris i districtes de Barcelona.

Malauradament, les dades originals no tenien assignada una data real de declaració i per tant ha calgut simular aquesta informació. Això ha restat potència al sistema, donat que no s'ha pogut analitzar de manera real el factor temporal.

8.3 Perspectives obertes

L'aplicació conté totes les funcionalitats demanades a l'enunciat. Tot i això, hi ha diverses parts que podríem dissenyar o implementar d'una altra manera, millores potencials i altres suggeriments que podrien tenir-se en consideració. Les més importants es descriuen a continuació.

La geocodificació es considera satisfactòria donat que aquest Treball es planteja com un demostrador tecnològic. Malauradament, les bases de dades no sempre tenen tots els seus camps complets i poden manca adreces o estar incorrectes. Per a aquest casos, es suggereix implementar una geocodificació basada en altres dades geogràfiques presents al registre, com el barri o districte.

La representació de les dades comparteix pràcticament tot el seu codi amb la representació filtrada per intervals temporals. En aquest cas, un nombre de registres relativament petit no implica cap penalització aparent en eficiència temporal. Si el nombre de registres s'incrementa de manera substancial, llavors podria ser una penalització en eficiència que caldria tenir present i tractar.

Pel que fa a l'assignació d'atributs als elements gràfics que representen els malalts, s'han definit a les seves propietats (visibles a una finestra flotant en situar el ratolí damunt del gràfic) les dades del pacient que figuren a la base de dades. Aquesta operació es realitza per tots i cadascun dels malalts representats. En cas que la base de dades incrementés el nombre de camps de manera important o, com en el cas anterior, s'incrementés el nombre de registres de manera significativa, podríem estar davant d'un problema d'eficiència espacial i potser temporal que caldria resoldre. Una opció podria ser fer una crida a la base de dades cada cop per demanar exclusivament les dades del cas consultat.

Pel que fa a l'anàlisi del buffer, la crida al servei per calcular la distància geodèsica és bastant lenta, però encara admissible pel volum de dades manegat. Una optimització de la crida o un anàlisi preliminar basat en rectangles contenidors ajudaria a alleugerir aquesta operació i evitar-ne el col·lapse en incrementar el nombre de mostres representades. Una altra opció seria treballar en un sistema de coordenades projectat com el UTM, que té un factor d'escala pràcticament la unitat, on es poden calcular les distàncies amb el teorema de Pitàgores. D'aquesta manera es podria plantejar inclús filtrar a la mateixa crida SQL sense la necessitat que el gestor de bases de dades tingui serveis SIG implementats.

Pel que fa a l'aspecte visual i el tipus de cartografia de base utilitzada per les representacions, cal dir que l'entorn FLEX permet fer presentacions molt més espectaculars i efectistes, com també que hi ha capes d'ortofotomapes molt cridaneres, però requereixen un procés d'aprenentatge no menyspreable per a incrementar bàsicament l'estètica i amb prou feines la funcionalitat de l'aplicació.

9 Glossari

ActionScript: llenguatge script basat en l'estàndard ECMAScript que s'utilitza a les aplicacions Adobe Flash.

Ajax (de l'anglès Asynchronous Javascript And Xml): conjunt de tecnologies que permeten actualitzar continguts web sense tornar a carregar la pàgina, creant webs interactives.

Apache: servidor HTTP de codi obert multiplataforma desenvolupat per Apache Software Foundation.

API (de l'anglès Application Programming Interface): una Interfície de Programació d'Aplicacions és un conjunt de declaracions que estableix el contracte d'un component informàtic per qui fa ús dels seus serveis.

ArcGis: un dels principals programaris privatiu de SIG desenvolupat per la companyia ESRI.

Datum: 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.

BBDD: una base de dades és un conjunt estructurat de taules i registres que es gestiona i accedeix mitjançant un gestor de bases de dades.

Buffer: en SIG és una zona entorn a un punt o regió que es troba a igual o inferior distància característica.

Coldfusion: servidor d'aplicacions i entorn de desenvolupament de programari usat pel desenvolupament d'aplicacions informàtiques i llocs webs dinàmics.

DOM (de l'anglès Document Object Model): model d'objectes estàndard independent de la plataforma i del llenguatge de programació per a representar HTML, XML i formats relacionats.

EasyPHP: WAMP que addicionalment conté el gestor de bases de dades PhpMyAdmin i el debugger Xdebug.

ESRI (de l'anglès Enviromental Systems Research Institute): companyia fundada al 1969 que desenvolupa i comercialitza aplicacions SIG.

Firefox: navegador web lliure desenvolupat a partir del projecte Mozilla.

Flash: programa d'edició multimèdia i reproductor Adobe Flash Player, creat i distribuït per l'empresa Adobe, basat en gràfics vectorials, imatges raster, i flux de vídeo i àudio bidireccional.

Flex: tecnologies desenvolupades per Adobe per donar suport al desenvolupament d'aplicacions riques d'Internet.

Funció de geoprocés: és una funció o operació amb dades atenent a les seves coordenades i per tant la seva ubicació geogràfica.

Gateway: dispositiu que permet interconnectar xarxes o tecnologies.

Geoposicionament o georeferenciació: localització d'un objecte espacial en un sistema de coordenades i datum determinat.

Google Web Toolkit: entorn de treball creat per Google per ocultar la complexitat de la tecnologia AJAX de manera que es programa en Java i no cal preocupar-se de la traducció a HTML i Javascript.

GPS (de l'anglès Global Positioning System): sistema que permet determinar amb precisió decimètrica en tot el món la posició d'un receptor (instal·lat a una estació, vehicle o portat per una persona). Desenvolupat, mantingut i operat pel departament de Defensa dels Estats Units.

Handler: funció o servei que s'implementa per atendre un event de l'usuari (como prémer la tecla Enter) o del sistema (como acabar de refrescar la pantalla).

HTTP (de l'anglès HyperText Transfer Protocol): protocol de transferència per a l'intercanvi de documents d'hipertext i multimèdia via Internet.

J2EE (de l'anglès Java to Enterprise Edition): plataforma de programació Java per desenvolupar i executar programari escrit en Java amb una arquitectura distribuïda basada en components de programari que s'executen a un servidor d'aplicacions.

Java: llenguatge de programació orientat a objectes multiplataforma.

JavaFX: família de productes i tecnologies per la creació d'aplicacions riques d'Internet.

JavaScript: llenguatge script basat en el concepte de prototip molt utilitzat a pàgines web però també a altres aplicacions.

JSON (de l'anglès JavaScript Object Notation): format lleuger per a l'intercanvi de dades.

JSP (de l'anglès JavaServer Pages): tecnologia per al desenvolupament de pàgines web dinàmiques.

Mashup: una remescla és una aplicació web híbrida que fa servir contingut d'altres serveis web per a oferir continguts, a través del protocol HTTP.

MySQL: sistema de gestió de bases de dades relacional multi-fil i multiusuari que utilitza el llenguatge SQL.

MVC (de l'anglès Model-View-Controller): és un patró de disseny per al desenvolupament de programari que separa el model de dades, la interfície usuari i la lògica de control.

OGC (de l'anglès Open Geospatial Consortium): organització fundada al 1994 que agrupa organitzacions públiques i privades per a la definició d'estàndards SIG oberts i interoperables.

OpenLaszlo: plataforma codi obert pel desenvolupament i distribució d'aplicacions riques d'Internet.

PHP (de l'anglès Personal Home Page): llenguatge de programació interpretat que s'utilitza per a generar pàgines web dinàmiques.

RIA (de l'anglès Rich Internet Application): les aplicacions riques d'Internet són aplicacions web amb característiques i funcionalitats típiques de les aplicacions d'escriptori.

SDK (de l'anglès Software Development Kit): conjunt d'eines de desenvolupament que un programador utilitza per crear aplicacions per a un entorn concret.

SEB: el Servei Epidemiològic de Barcelona és una agència de salut pública de del sistema de vigilància epidemiològica de les malalties de declaració obligatòria.

SIG (Sistema d'informació geogràfica): sistema, informàtic en l'actualitat, capaç d'integrar, emmagatzemar, editar, analitzar, compartir i mostrar informació amb referències geogràfiques.

Silverlight: tecnologies desenvolupades publicades per Microsoft per a donar suport al desenvolupament d'aplicacions riques d'Internet.

Sistema de coordenades: conjunt de valors que permeten definir unívocament la posició de qualsevol punt en l'espai respecte a un punt de referència.

SQL (de l'anglès Structured Query Language): llenguatge estàndard de comunicació amb bases de dades relacionals. Es pot hostatjar (utilitzar dins d'altres llenguatges de programació).

MXML (de l'anglès 2.3.2 Macromedia eXtensible Markup Language): llenguatge descriptiu desenvolupat inicialment per Macromedia fins al 2005 per a la plataforma FLEX d'Adobe basat en XML.

SWF (de l'anglès ShockWave Flash o Small Web Format): fitxer de Flash a les pàgines web per ser executats amb reproductors com l'Adobe Flash Player.

UTM (de l'anglès Universal Transverse Mercator): sistema de projecció cartogràfic pla derivat de la Transversa de Mercator, que es particularitza per ser tangent a un meridià, dividint la Terra en 60 fulls.

Virtualbox: Oracle VM VirtualBox és un programari de virtualització desenvolupat per Oracle Corporation. Per mitjà d'aquest programari és possible instal·lar sistemes operatius addicionals dins d'un altre sistema operatiu, cadascun amb el seu propi entorn virtual.

WAMP: acrònim que descriu la plataforma per a aplicacions web amb les següents eines: Windows, Apache, MySQL, Perl, PHP, o Python,

Web: sistema de documents interconnectats per enllaços d'hipertext accessibles per Internet.

XML (de l'anglès eXtensible Markup Language): el llenguatge de marques extensible és un metallenguatge extensible d'etiquetes, desenvolupat pel World Wide Web Consortium (W3C) que permet definir la gramàtica d'altres llenguatges.

10

Bibliografia

Alama Ramos, J. (2009) aeroCercador, geomashup cercador d'aeroports i dades meteorològiques amb JavFX. Treball Final de Carrera Enginyeria Tècnica en Informàtica de Sistemes. Universitat Oberta de Catalunya.

Adobe Developer Connection. Flex Developer Center. Tour de Flex
<http://www.adobe.com/devnet-apps/flex/tourdeflex/web/>
Últim accés 14-12-2010.

ArcGIS API for FLEX. API Reference.
<http://help.arcgis.com/en/webapi/flex/apiref/index.html>
Últim accés 14-12-2010.

ArcGIS API for FLEX. Samples.
<http://help.arcgis.com/en/webapi/flex/samples/index.html>
Últim accés 14-12-2010.

EasyPHP Website
<http://www.easyphp.org>
Últim accés 15-1-2011.

MySQL WebSite
<http://www.mysql.com>
Últim accés 15-1-2011.

Open Geospatial Consortium Website
<http://www.opengeospatial.org/>
Últim accés 15-1-2011.

Pérez Navarro, A. (2008). Treball final de carrera. Documentació de l'assignatura. Universitat Oberta de Catalunya.

Pérez Navarro, A. (2009). Sistemes d'informació geogràfica i geotelemàtica. Documentació de l'assignatura. Universitat Oberta de Catalunya.

Wikipedia (2010). Ajax (programming)
http://en.wikipedia.org/wiki/Ajax_%28programming%29
Últim accés 15-1-2011.

Wikipedia (2010). Mashup (digital)
http://en.wikipedia.org/wiki/Mashup_%28digital%29
Últim accés 15-1-2011.

Wikipedia (2010). Model-View-Controller
<http://en.wikipedia.org/wiki/Model-View-Controller>
Últim accés 15-1-2011.

Wikipedia (2010). Rich Internet application
http://en.wikipedia.org/wiki/Rich_Internet_application
Últim accés 15-1-2011.

Wikipedia (2010). Sistema de Información Geogràfica
http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica
Últim accés 15-1-2011.

UOC (2007). SIG per a la gestió de la base de vèrtex geodèsics de Catalunya amb Geomedia. Pla de Treball. Projecte Fi de Carrera SIG. Universitat Oberta de Catalunya.

UOC (2007). Creació d'un sistema de gestió d'informació per a la consulta i gestió de la base de vèrtexs geodèsics de Catalunya amb Geomedia PRO 6.0. Pla de Treball. Projecte Fi de Carrera SIG. Universitat Oberta de Catalunya.