SQL-Server 2008 i les noves característiques espacials

Autor : Carlos Tena Monfort

Consultor : Jordi Ceballos Villach

Juny 2010

Gràcies a la meva muller Maria, sense el seu recolzament mai haguera acabat aquesta aventura.

Gràcies a la meva filla Alicia per el temps que no li he dedicat.

Gràcies a tots els consultors que m'han ajudat per la seva paciència i compressió.

Resum

El projecte SQL-Server 2008 i les dades espacials és el resultat del treball fi de carrera en l'àrea .NET. La finalitat d'aquest treball és analitzar les noves característiques espacials que ofereix SQLServer 2008. A continuació, com cas pràctic, desenvolupar una aplicació per Windows Mobile on una sèrie de dispositius mòbils puguin indicar la seva ubicació i poder consultar en un mapa, mitjançant el servei en línia Google Maps, la ubicació de la resta de dispositius.

En els últims any ha hagut un augment en la utilització de les dades espacials, tant per l'ús d'ubicació de dispositius mòbils com per aplicacions que gestionen la localització d'algun element de negoci. Per exemple la ubicació d'un client, sucursal i proveïdors.

Així en la primera part analitzarem com SQLServer 2008 s'ha adaptar per treballar amb dades espacials incorporant dues tipus de dades per poder emmagatzemar les ubicacions i també incorporant més de 70 funcions espacials que ens ajuden per la manipulació de la informació espacial. Consegüentment, SQLServer 2008 pot ser utilitzat, tant per aplicacions GIS, com per aplicacions on faci falta el emmagatzemat de dades espacials.

També es durà a terme una comparativa de SQLServer 2008 amb els SGBD més utilitzats en aquest moment, i així poder veure el grau de maduresa que té Sqlserver 2008 front la resta de SGBD.

En la segona part, com cas pràctic, s'ha desenvolupat un sistema distribuït on hi ha tres subsistemes ben diferenciats, aquest subsistemes són:

- Client dispositiu mòbil: aquest subsistema, realitzat per a Windows Mobile, captura la seva geoposició mitjançant les antenes GPS del dispositiu i emmagatzema aquesta posició en la base de dades mitjançant un servei Web. També mostra la seva ubicació i la dels altres dispositius amb una mapa de *Google Maps*.

- Servei Web REST: Tant el client del dispositiu mòbil com l'aplicació WEB es comunicaran en aquest servei per accedir a les dades emmagatzemades en la base de dades.

- Client dispositiu Web: en aquest subsistema es mostrarà les diferents ubicacions dels dispositius mòbils, i a més, hi haurà consultes on s'utilitzaran funcions espacials. També es durà a terme el manteniment tant dels dispositius com dels usuaris.

Índex

1. Descripció del projecte.....9

1.2 Objectius del projecte.....9

1.3 Resultats esperats.....10

1.4 Enfocament i mètode seguit.....10

1.5 Planificació.....11

1.5.1 Fites i distribució del temps.....11

1.5.2 Diagrama de Gantt del projecte.....12

2. Definint la informació espacial.....13

2.1 Introducció.....13

2.2 Representació de la informació espacial.....14

2.2.1 Sistema de coordenades.....14

2.2.2 La aplicació de sistema de coordenades a la terra 15

2.2.2.1 *Datum*.....16

2.2.2.2 Primer meridià.....17

2.2.2.3 Unitats de mesura.....17

3. SQL-Server 2008 i les dades espacials.....19

3.1 Els nous tipus de dades.....20

3.2 Creació d'objectes de dades espacials.....23

3.2.1 Creació de geometries a partir de *Well-Known Text*.....24

3.2.2 Creació de geometries a partir de *Well-Known Binary*.....27

3.2.3 Creació de geometries a partir de GML.....27

3.3 Sql-Server 2008 i el rendiment de les dades espacials.....28

3.3.1 Beneficis dels índex espacials.....30

3.3.2 Tipus d'indexació espacial.....30

3.4 Visualització de les consultes de dades espacials en *Management Studio*.....31

4. Comparativa de SQL-Server 2008 amb els SGBD més utilitzats respecte a la informació espacial 34

4.1 Oracle.....34

4.2 IBM DB2.....36

4.3 PostgreSQL.....38

4.4 MySQL.....39

4.5 Taula comparativa dels SGBD analitzats.....41

5. Cas pràctic 43

5.1 Anàlisi 43

5.1.1 Introducció.....43

5.1.2 Requeriment funcionals.....43

5.1.2.1 Usuaris a considerar.....43

5.1.2.2 Funcionalitats de seguretat.....43

5.1.2.3 Funcionalitats d'informació geogràfica.....44

5.1.3 Requeriments no funcionals.....44

5.1.3.1 Requeriments d'interfície.....44

5.1.3.2 Requeriments de seguretat.....44

5.1.4 Anàlisi del sistema.....45

5.1.4.1 Identificació d'actors.....45

5.1.4.2 Diagrama de caos d'ùs.....45

5.1.4.3 Descripció dels casos d'ús.....47

5.2 Disseny 50

5.2.1 Arquitectura Global del sistema.....50

5.2.2.Arquitectura física.....50

5.2.3 Arquitectura lògica.....51

5.2.4 Arquitectura de Componentes.....52

5.2.5 Decisions tecnòlogiques.....54

5.2.6 Diagrama estàtic de les classes.....56

5.2.7 Diagrama de seqüència.....58

5.2.8 Disseny de la persistència.....60

5.2.8.1 Model relacional de la base de dades.....60

5.2.8.2 Diagrama de la base de dades.....60

5.3. Interfície d'usuari i manteniment.....61

6. Conclusions.....66

7.Treballs futurs.....67

8. Referències.....68

Índex de figures

Figura 1- Sistema de coordenades geogràfiques..... 14

Figura 2- Sistema de coordenades projectat..... 15

Figura 3- Propietats d'una referència el·lipsoide.....16

Figura 4- Projecció de Mercator.....17

Figura 5- Projecció cilíndrica equidistant..... 18

Figura 6- Projecció UTM.....18

Figura 7- Coordenades geogràfiques.....19

Figura 8- Coordenades cartesianes.....20

Figura 9- Tipus de dades *geometry* i *geography*.....20

Figura 10- Línies formades per punts.....21

Figura 11- *LineStrings*.....21

Figura 12- Polígons.....22

Figura 13- Conjunt de Polígons.....22

Figura 14- Exemple *Point* amb *SQL Server Management Studio*.....25

Figura 15- Exemple de línia.....26

Figura 16- Jerarquia quatre nivells de graella.....28

Figura 17- Regla de cobriment.....29

Figura 18- Regla de cel·la més profunda.....30

Figura 19 – Elements que cobreix un índex.....31

Figura 20 – Transformació de l'espai geodèsic a un espai pla 31

Figura 21 – Resultats d'una consulta de dades espacials en Management Studio 32

Figura 22 – vista del resultat utilitzant la pantalla de resultats espacials 33

Figura 23 – MBR 35

Figura 24– Divisió quadràtica.....36

Figura 25– *R-tree*.....36

Figura 26– Estructura *Voronoi* basada en la densitat de població mundial.....37

Figura 27– Diagrama casos d'ús de subsistemes.....46

Figura 28– Diagrama casos d'ús per funcionalitats.....47

Figura 29– Arquitectura física.....51

Figura 30– Arquitectura lògica.....52

Figura 31– Arquitectura de components..... 53

Figura 32– Funcionament del component GService.....54

Figura 33– Diagrama estàtic de les classes del client dispositiu mòbil 56

Figura 34– Diagrama estàtic de les classes del client web.....57

Figura 35– Diagrama estàtic de les classes del servei web.....58

Figura 36– Diagrama de seqüència del client dispositiu mòbil.....59

Figura 37– Diagrama de seqüència del client web.....60

Figura 38– Diagrama de la base de dades.....61

Figura 39– Dispositiu mòbil amb Windows Mobile.....65

Figura 40– Pantalla d'autenticació dispositiu mòbil.....65

Figura 41– Pantalla principal dispositiu mòbil.....65

Figura 42– Pantalla amb ubicació del dispositiu.....66

Figura 43– Pantalles per configurar mostrar els dispositius que estiguin dins un radi.....66

Figura 44– Pantalla autenticació client web.....67

Figura 45– Pantalla de consultes client web.....67

Figura 46– Pantalla que mostra el resultat de la consulta radi respecte l'usuari 68

Figura 47– Pantalla que mostra la consulta distancia respecte l'usuari seleccionat.....68

Figura 48– Pantalla de manteniment d'usuaris.....69

1. Descripció del projecte

Els sistemes d'informació geogràfica han existit des de fa 40 anys. No obstant això, fins fa poc, anàlisi de dades espacials ha estat com un grup diferent, el coneixement i ús de dades espacials no havia superat el marc del seu propi àmbit en lloc de ser integrada amb el de desenvolupament general.

La veritat és que gairebé no hi ha cap base de dades corporativa que no emmagatzema informació espacial d'un tipus o d'un altre. Adreces de clients, les vendes de les regions, la zona objectiu d'una campanya de màrqueting local o les rutes preses per l'entrega i la logística de vehicles. Aquestes dades formen part de moltes aplicacions.

Així s'han introduït nous tipus de dades en *SQL-Server 2008* per poder emmagatzemar dades espacials en les bases de dades on els desenvolupadors d'aplicacions gaudeixen d'aquest nous tipus i tenen la capacitat de manipular informació referent al posicionament geogràfic.

L'abaratiment dels dispositius mòbils amb antenes GPS i accés a Internet ha fet possible crear aplicacions que aprofiten el posicionament geogràfic per cobrir unes necessitats que abans era impensable.

Aprofitant aquests elements, el projecte tracta del estudi de les noves característiques espacials que ens aporta SQLServer 2008. Com cas pràctic, per treballar amb aquestes noves característiques, es desenvoluparà una aplicació que donat un conjunt de dispositius mòbils, amb antenes GPS i connexió a Internet, pugin emmagatzemar la seva posició geogràfica en un servidor central, mitjançant un *Web Service* , i a més, mostrar un mapa de *Google Maps* la resta de dispositius mòbils. El manteniment dels dispositius amb el servidor central es durà a terme mitjançant una interfície Web.

Per el emmagatzematge de les posicions geogràfiques s'utilitzarà els nous tipus de dades espacials que ens aporta *SQL-Server 2008* que ens facilitarà la seva manipulació.

1.2 Objectius del projecte

L'objectiu principal del projecte és l'estudi de les noves característiques espacials que ofereix *SQL-Server 2008* i poder-les aplicar en el desenvolupament d'una aplicació de posicionament i aquest objectiu es pot concretar en els següents:

- Treballar amb tecnologia actual com *Web Service, Ajax, ASP.NET, SQl-Server 2008 , C#,* etc.
- Tractament de la posició geogràfica.
- Millorar el coneixement de l'arquitectura *.NET* per aplicacions *Windows Mobile*
- Conèixer el tipus de dades espacials per emmagatzemar la posició geogràfica.

- Aprendre a treballar amb l'entorn de desenvolupament *Visual Studio 2008*

Per aconseguir aquests objectius es procedirà, en primer lloc, l'estudi de les característiques espacials de *SQL-Server 2008*, mitjançant bibliografia i l'ajuda en línia que hi ha en la Web del fabricant.

En segon lloc, Desenvolupar una aplicació per a *Windows Mobile* amb la tecnologia *.NET*. L'eina de desenvolupament serà *Visual Studio 2008* on el llenguatge de programació serà *C#.*

1.3 Resultats esperats

Una vegada finalitzat el projecte, s'espera haver assolit els resultats següents:

- Conèixer l'entorn de treball *Visual Studio 2008* i les noves característiques del llenguatge *C#* .
- Aprendre els nous tipus de dades espacials que incorpora *SQL-Server 2008* i poder utilitzar-los en aplicacions on hi hagi que tractar amb dades espacials.
- Millorar en el coneixement de desenvolupar aplicacions per a dispositius mòbils.
- Aprofundir en la creació de servis web
- Conèixer l'API de *Google Maps.*
- Creació d'una aplicació que permeti a una sèrie de dispositius mòbils indicar la seva ubicació, i consultar amb un mapa de *Google Maps* la ubicació de la resta de dispositius.
- Creació d'un portal Web, per al manteniment dels dispositius mòbils, amb *ASP.NET*.

1.4 Enfocament i mètode seguit

L'enfocament general que s'ha aplicat a aquest PFC part d'un estudi rigorós que permeti la compressió de les noves característiques espacials de SQLServer 2008 i els conceptes bàsics sobre la informació geogràfica, per endinsar-nos amb posterioritat en l'objectiu pràctic d'aquest PFC: Dissenyar i desenvolupar un sistema que permeti a un conjunt de dispositius mòbils, amb antenes GPS i connexió a Internet, pugin emmagatzemar la seva posició geogràfica en un servidor central, mitjançant un *Web Service* , i a més, mostrar un mapa de *Google Maps* la resta de dispositius mòbils. Per garantir el seguiment d'aquest enfocament ha estat bàsic la recerca i selecció de bibliografia. Un dels punts més importants i crítics és la recerca i selecció de bones fonts d'informació que possibilitin el desenvolupament del present projecte, tant per la seva part pràctica com per la seva part teòrica.

Per a l'elaboració de la part pràctica del projecte s'ha utilitzat un cicle de vida en cascada, en el qual les diferents etapes de la construcció del programari es veuen com una seqüència gairebé lineal, en què una etapa ha de finalitzar abans que s'iniciï la

següent. A continuació expliquem les etapes en què hem estructurat la construcció del sistema.

- **Anàlisi de requisits:** Anàlisi i elaboració posterior de les especificacions, les funcions i els objectius del sistema informàtic que es vol implementar.
- **Disseny del sistema:** Disseny d'una solució tècnica concreta que satisfaci les especificacions establertes en la fase d'anàlisi.
- **Implementació:** Programació del disseny efectuat per al sistema utilitzant les eines de programació seleccionades.
- **Proves**: Definició i execució d'un conjunt de test sobre el sistema construït, amb l'objectiu d'assegurar el perfecte funcionament del sistema i el compliment dels requisits identificats durant l'anàlisi del sistema.

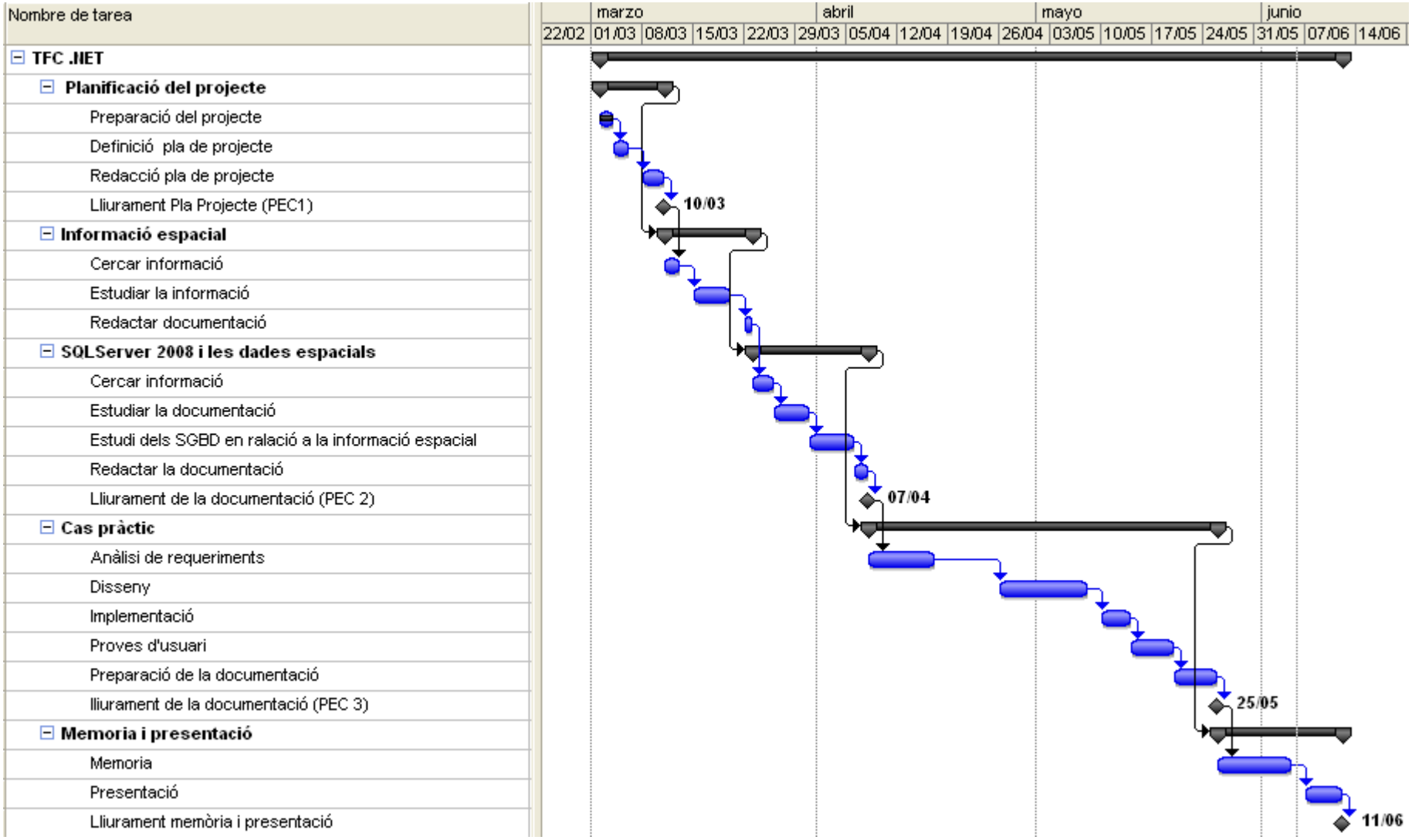
1.5 Planificació

Per l'estimació d'esforços s'ha considerat una dedicació de dues hores per cada dia laboral. Si en alguna tasca hi hagués algun retard en la seva execució es pal·liaria amb hores de dies no laborals.

1.5.1 Fites i distribució del temps

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
TFC .NET	**74 días**	**mar 02/03/10**	**vie 11/06**
Planificació del projecte	**7 días**	**mar 02/03/10**	**mié 10/03**
Preparació del projecte	2 días	mar 02/03/10	mié 03/03
Definició pla de projecte	2 días	jue 04/03/10	vie 05/03
Redacció pla de projecte	3 días	lun 08/03/10	mié 10/03
Lliurament Pla Projecte (PEC1)	0 días	mié 10/03/10	mié 10/03
Informació espacial	**8 días**	**jue 11/03/10**	**lun 22/03**
Cercar informació	2 días	jue 11/03/10	vie 12/03
Estudiar la informació	5 días	lun 15/03/10	vie 19/03
Redactar documentació	1 día	lun 22/03/10	lun 22/03
SQLServer 2008 i les dades espacials	**12 días**	**mar 23/03/10**	**mié 07/04**
Cercar informació	3 días	mar 23/03/10	jue 25/03
Estudiar la documentació	3 días	vie 26/03/10	mar 30/03
Estudi dels SGBD en ralació a la informació espacial	4 días	mié 31/03/10	lun 05/04
Redactar la documentació	2 días	mar 06/04/10	mié 07/04
Lliurament de la documentació (PEC 2)	0 días	mié 07/04/10	mié 07/04
Cas pràctic	**34 días**	**jue 08/04/10**	**mar 25/05**
Anàlisi de requeriments	7 días	jue 08/04/10	vie 16/04
Disseny	10 días	lun 26/04/10	vie 07/05
Implementació	4 días	lun 10/05/10	jue 13/05
Proves d'usuari	4 días	vie 14/05/10	mié 19/05
Preparació de la documentació	4 días	jue 20/05/10	mar 25/05
lliurament de la documentació (PEC 3)	0 días	mar 25/05/10	mar 25/05
Memoria i presentació	**13 días**	**mié 26/05/10**	**vie 11/06**
Memoria	8 días	mié 26/05/10	vie 04/06
Presentació	5 días	lun 07/06/10	vie 11/06
Lliurament memòria i presentació	0 días	vie 11/06/10	vie 11/06

1.5.2 Diagrama de Gantt del projecte



2 Definint la informació espacial

2.1 Introducció

En l'actualitat, la proliferació de dispositius mòbils, amb antenes GPS, ha fet possible desenvolupar aplicacions per cobrir unes necessitats, sobre tot d'ubicació, que uns anys enrere eren inviables. En conseqüència, ha augmentat la necessitat de programes amb la utilització d'informació espacial. També, la utilització, cada cop més, dels serveis en línea (*Google Earth, Virtual Earth, MapPoint*) ha augmentar la necessitat de manipular i emmagatzemar la informació espacial. Consegüentment, els SGBD(Sistemes Gestors de Base de dades) s'han vist en la necessitat de afegir extensions per manipular i emmagatzemar les dades espacials.

Els SGBD més importants del mercat*, Oracle ,IBM (DB2), MySQL, PostgreSQL i SQL-Server* han incorporat extensions espacials, sobre tot, amb l'empenta de l'organització *Open Geospatial Consortiun* (OGC). Així els SGBD es recolzen amb característiques de SQL,per tant, els llenguatge SQL s'expandeix per manipular, conjuntament, dades espacials i dades descriptives. Moltes de les funcions dels SGBD, com l'optimització consultes, s'adapten per manejar, eficientment, aquestes dades espacials.

El principal avantatge d'utilitzar la informació espacial en un SGBD i no en arxius del sistema és que s'aprofiten les avantatges del SGBD, aquest inclou:

- Restriccions d'accés i seguretat de la informació.
- Suport per SQL-Structured Query Language-per realitzar consultes espacials complexes.
- L'arquitectura client-servidor de la base de dades permet que múltiples usuaris realitzen consulta i edició simultània

Les dades espacials descriuen la posició, forma i orientació dels objectes en l'espai i les dades geoespacials descriuen les propietats de molt objectes damunt la terra. Aquestos objectes poden ser físics, com un edifici, o abstractes, com per exemple, una línea imaginaria dels límits politics entre països.

Les dades espacials poden ser utilitzades amb una gran varietat d'àrees diferents, així tenim els següents exemples :

- Navegar a un lloc utilitzant un dispositiu GPS.
- Seguiment de les rutes de vehicles d'una xarxa logística.
- Optimitzant les xarxes de distribució més eficientment.
- La realització d'informes basats en informació geogràfica.
- Analitzar les tendències de les ventes regionals, nacionals o internacionals.

Aquestos exemples es basen en la capacitat de les dades espacials per descriure la posició i forma dels objectes en la terra d'una forma estructurada i coherent.

2.2 Representació de la informació espacial

A la vida real, els objectes que hi ha en la terra són complexes, ja que tenen formes irregulars. Els tipus de dades espacials que representen aquestos objectes d'una manera molt simple són les formes geomètriques. Aquestes formes són anomenades geometries. Així, els tipus bàsics per representar la informació geomètrica són el punt, línea, polígon i una col·lecció de punts, línees o polígons. Aquest tipus bàsics permeten representar qualsevol objecte en un lloc en la terra. Per exemple, per representar un edifici podem especificar una sèrie de punts que definiran els límits del polígon que marca els límits de l'edifici.

2.2.1 Sistema de coordenades

El propòsit d'un sistema de dades espacials de referència és clarament identificar i descriure qualsevol punt en l'espai. Aquesta capacitat és essencial per definir les posicions de punts que componen els diferents tipus de geometria utilitzada per representar les característiques de la terra. Consegüentment, per descriure les posicions de punts en l'espai, cada sistema de referència es basa en un subjacent sistema de coordenades. El més habitual és utilitzar un sistema de referència basat en la representació geogràfica o un sistema de coordenades projectat.

El sistema de coordenades geogràfiques defineix alguna posició de la superfície de la terra utilitzant dues coordenades, aquestes coordenades són les següents:

- La **Latitud** mesura l'angle entre el pla de l'equador i una línea perpendicular a la superfície de la terra en aquest punt.

- La **Longitud** mesura l'angle en el pla equatorial entre una línea que va des de el centre de la terra al punt i una línea que va des de el centre de la terra al primer meridià.

Les coordenades de latitud i longitud al ser angles són mesurades en graus. La longitud mesura el primer medià entre -180º fins +180º, i la latitud mesura des de l'equador un rang que va des de -90º fins +90º.

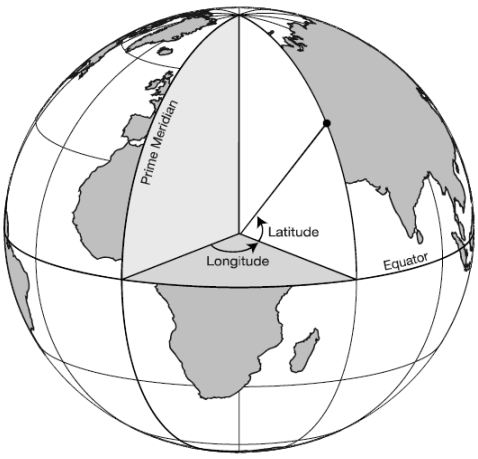


Figura 1- Sistema de coordenades geogràfiques

El sistema de coordenades projectat descriu la posició dels punts de la superfície de la terra en un pla de dos dimensions. Si consideren els punts de la superfície de la terra com un pla, podem definir les posicions sobre el pla utilitzant coordenades x e y, aquestes coordenades representen la distancia d'un punt des de un origen a la distancia del eix x i del eix y.

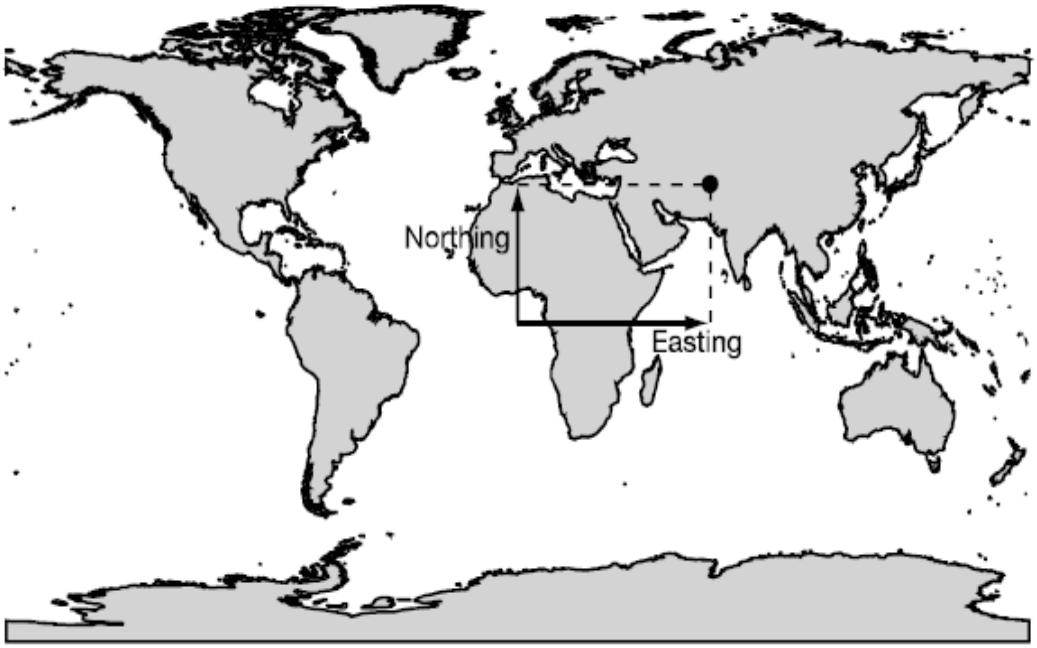


Figura 2- Sistema de coordenades projectat

2.2.2 La aplicació de sistema de coordenades a la terra

Fins ara, hem definit dos sistemes de coordenades per definir punts en l'espai: el sistema de coordenades geogràfiques, que utilitza coordenades angulars, i el sistema de coordenades projectat, que utilitza coordenades cartesianes. Aquestes coordenades únicament identifiquen una posició sobre la terra. Necessitem informació addicional per mesurar aquestes coordenades, en que unitats i la forma d'utilitzar el model de la terra. Per consegüent, els elements que ens aportaran aquesta informació addicional són: *Datum*, primer meridià i unitat de mesurat.

2.2.2.1 *Datum*

Un *Datum* conté informació sobre la mida i forma de la terra. En concret, conté els detalls d'un el·lipsoide de referència i un marc de referència.

La forma actual de la terra és molt complexa. En la superfície hi ha formes irregulars com muntanyes i valls, ja que la terra té una forma irregular. En conseqüència, per adaptar-se millor a les irregularitats s'utilitza una referència el·lipsoide.

Un el·lipsoide és el resultat de revolucionar una el·lipse sobre el seu eix. Així doncs, podem considerar com una simplificació del geoide i es defineix de manera matemàtica com un objecte que té com a característiques principals dues radis: radi major i radi menor. L'aplanament de l'esferoide (el·lipsoide de revolució) es defineix mitjançant un coeficient, la fórmula és la següent: f = (a - b) / a, sent a el radi Major i b el radi Menor

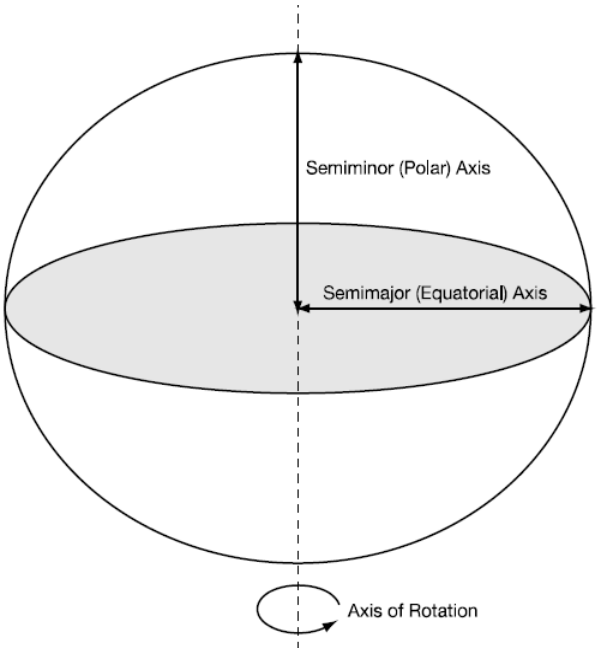


Figura 3- Propietats d'una referència el·lipsoide

Un *datum* de referència (model matemàtic) és una superfície constant i coneguda utilitzada per descriure la localització de punts sobre la terra. Atès que diferents *datums* tenen diferents radis i punts centrals, un punt mesurat amb diferents *datums* pot tenir coordenades diferents.

Els *datums* més comuns en les diferents zones geogràfiques són els següents: NAD27, NAD83 i WGS84. El *datum* WGS84, que és gairebé idèntic a l'NAD83 utilitzat a Amèrica del Nord, és l'únic sistema de referència mundial utilitzat avui en dia. És el *datum* per defecte en els dispositius GPS comercials.

2.2.2.2 Primer meridià

La referència espacial necessita saber quina és la primera línea que s'utilitzarà per definir el primer meridià. El primer meridià d'un sistema de referència espacial és escollit arbitràriament per subministrar una línea de longitud cero des de on se calcularan totes les coordenades de longitud. El més utilitzat és el meridià que passa per la ciutat de Greenwich, però es poden utilitzar altres, per tant, si es canvia aquet valor de primer meridià el valor de la coordenada de la longitud de tots el punts en el sistema podria canviar.

2.2.2.3 Unitats de mesura

Donat que és més simple treballar amb una superfície plana que en una corba, podem pensar que és més fàcil treballar amb un sistema projectat. D' aquesta manera, per representar un punt s'utilitza un mapa projectat.

Els mapes projectats poden ser construïts per mètodes geomètrics o utilitzant algoritmes matemàtics. Independentment del mètode utilitzat hi haurà distorsions, aquestes distorsions poden afectar a l'àrea, forma o distancia.

Els mapes de projecció més utilitzats són els següents:

- **Mercator.** La projecció de Mercator és un tipus de projecció cartogràfica cilíndrica, ideada per Gerardus Mercator el 1569, per elaborar plans terrestres. Aquesta projecció presenta una bona aproximació a la seva zona central, però les zones superior i inferior corresponents a nord i sud presenten grans deformacions.

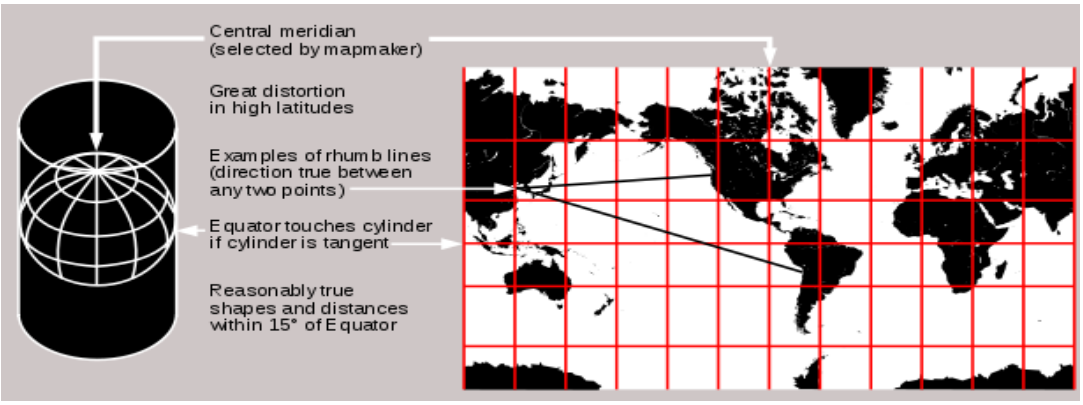


Figura 4- Projecció de Mercator

- **Projecció cilíndrica equidistant**, La projecció cilíndrica equidistant, també coneguda com projecció rectangular o *Plate Carrée* , és una projecció cartogràfica cilíndrica que no és conforme (distorsiona les formes i els angles) i no és equivalent (distorsiona les àrees relatives).

Aquesta projecció és un artefacte matemàtic, no una representació d'una construcció geomètrica. És molt senzilla de construir perquè és una traducció directa de longitud i latitud com a coordenades cartesianes. L'escala és constant al llarg de l'Equador però la distorsió creix cap a les zones polars. En aquesta projecció tots els meridians i paral·lels apareixen representats rectes i separats amb una distància constant.

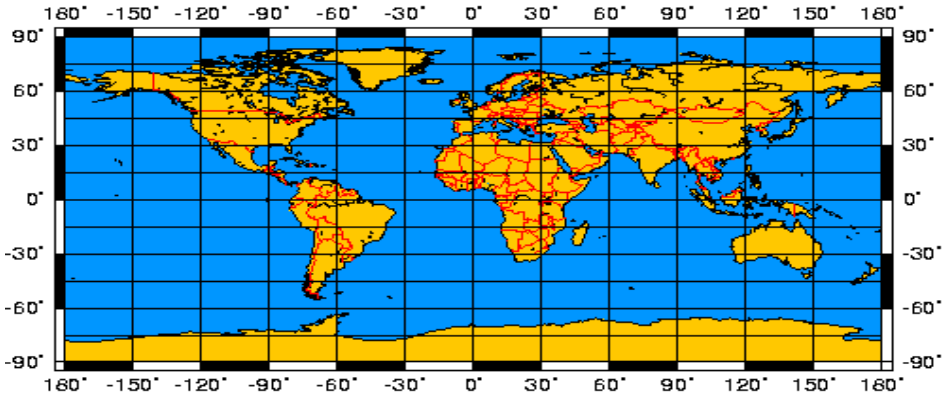


Figura 5- Projecció cilíndrica equidistant

- **Projecció Universal Transversal de Mercator,** El Sistema de Coordenades Universal Transversal de Mercator (En anglès Universal Transverse Mercator , UTM) és un sistema de coordenades basat en la projecció cartogràfica transversa de Mercator, que es construeix com la projecció de Mercator normal, però en comptes de fer-la tangent al Equador, es fa tangent a un meridià. La projecció UTM té l'avantatge que cap punt està allunyat del meridià central de la seva zona, de manera que les distorsions són petites. Però això s'aconsegueix al cost de la discontinuïtat: un punt en el límit de la zona es projecta en dos punts diferents, llevat que es trobi a l'equador. Una línia que uneix dos punts entre zones contigües no és contínua llevat que creui per l'equador.

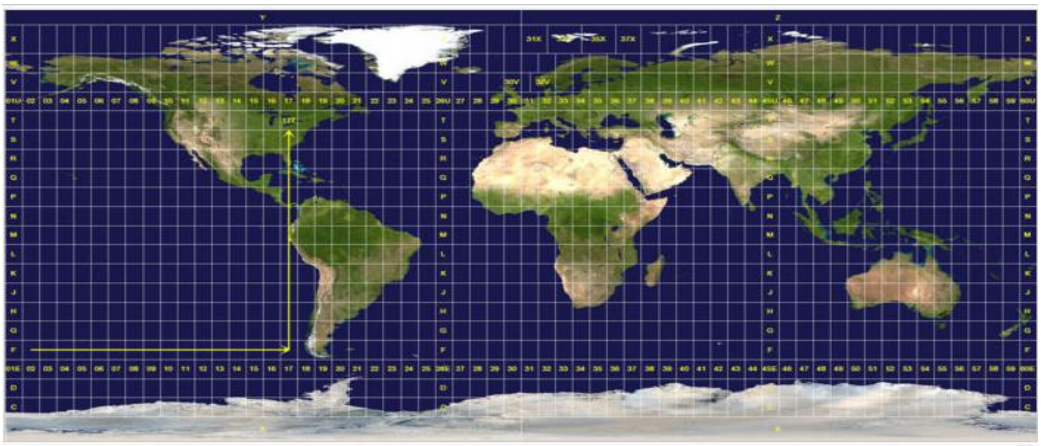


Figura 6- Projecció UTM

3 SQL-Server 2008 i les dades espacials

SQL Server 2008 presenta els nous tipus de dades *geometry* i *geography*, destinats a l'emmagatzematge de dades espacials. Amb aquest tipus de dades se'ns presenta la possibilitat de treballar amb les dades espacials de dues formes: plana i el·lipsoïdal.

En ambdós casos, el tipus de dades espacials emmagatzemades, es refereixen a tipus de dades en 2 Dimensions, la diferència rau en la superfície on es troben ubicats les dades a emmagatzemar: mentre que el tipus de dades *geometry* està destinat a emmagatzemar dades sobre una superfície plana (terra plana), les dades *geography* estan preparats per treballar sobre una superfície el·lipsoïdal (terra rodona).

Tots dos tipus de dades estan disponibles com a nous tipus de dades del sistema, de manera que es poden utilitzar directament en les noves BBDD amb total compatibilitat. A més, estan implementats com tipus de dades CLR en SQL Server i com a novetat, podem utilitzar des de les nostres aplicacions client utilitzant el seu muntatge (Microsoft.SqlServer.SqlDataTypes) per millorar la cohesió entre les dues.

SQL Server 2008 utilitza càlculs angulars per el tipus de dades *geography*. Aquests càlculs es calculen amb base en el model el·lipsoide de la terra, definida per la referència espacial.

Quan utilitzem el sistema de coordenades geogràfiques, les coordenades dels punts són expressats utilitzant angles en la longitud i en la latitud. Les unitats de mesura que s'utilitzen són els graus.

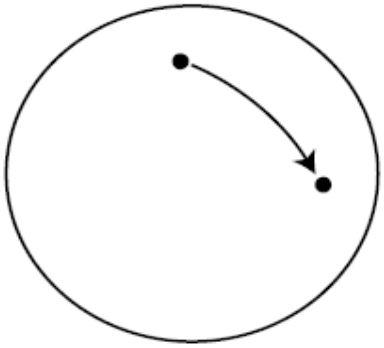


Figura 7- Coordenades geogràfiques

SQL Server 2008 utilitza càlculs geomètrics per el tipus de dades *geometry*. En conseqüència, el resultat dels càlculs espacials, com la distancia entre dos punts, fa servir els càlculs geomètrics.

La posició d'un punt en el pla pot ser definit utilitzant un par de coordenades cartesianes x,y. Quan s'utilitza el tipus de dades *geometry*, les coordenades cartesianes d'un punt representen la distancia d'un punt d'origen al llarg d'un eix definit amb una determinada unitat de mesura.

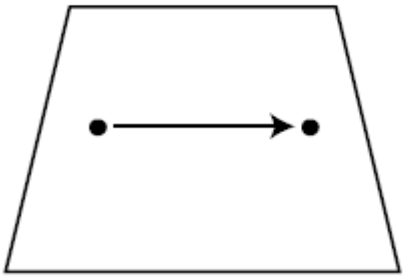


Figura 8- Coordenades cartesianes

3.1 Els nous tipus de dades

Com ja hem introduït, els nous tipus de dades *geometry* i *geography* serveixen per emmagatzemar dades en 2 Dimensions. La forma d'emmagatzemar aquestes dades ve donada pels tipus de *dades Point, Multipoint, LineString, MultiLineString, Polygon, MultiPolygon i GeometryCollection*, els quals poden veure's jerarquitzats en la figura següent:

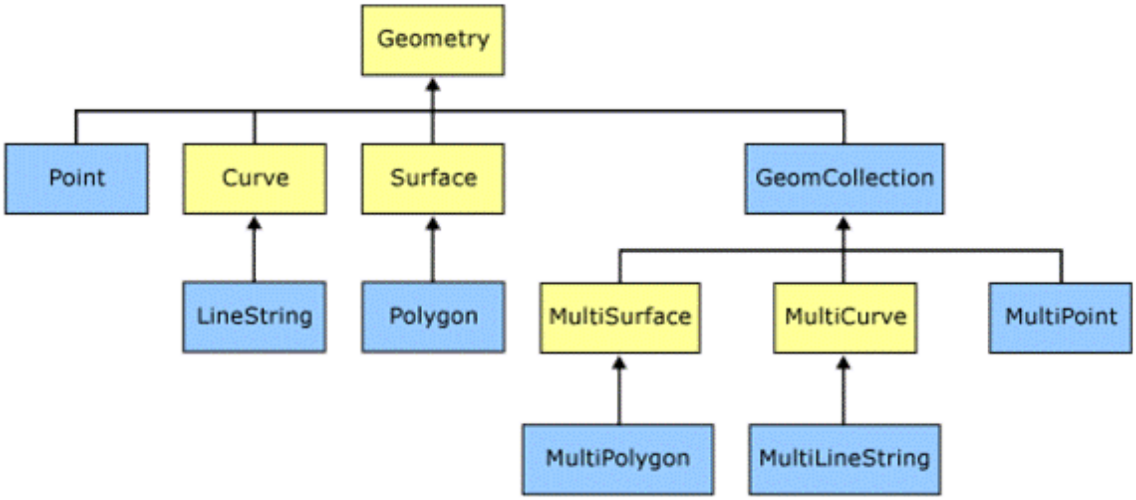


Figura 9- Tipus de dades *geometry* i *geography*

Els tipus a partir dels quals es poden crear instàncies de *geometry* i *geography* s'indiquen en blau. Els set tipus a partir dels quals es poden crear instàncies dels tipus de dades *geometry* i *geography* són:

- *Point* : Representa un punt que indica una localització (x, y). Pot contenir coordenada Z i mesura associada (M), però ja que parlem d'informació en 2D, és l'aplicació client la que ha de donar significat a aquesta informació extra.

Exemple:

```
declare @g as geometry
set @g = geometry::STGeomFromText('POINT(6 4 7)',0);
SELECT @g.STX as X , @g.STY as Y, @g.Z as Z, @g.M as
M
```

- *Multipoint*: Representa un conjunt de punts

Exemple:

```
DECLARE @g geometry;
SET @g = geometry::STMPointFromText('MULTIPOINT((2
3), (7 8 9.5))', 23);
SELECT @g.STGeometryN(1).STAsText();
```

- *LineString*: Representa la línia formada per un conjunt de punts donat.

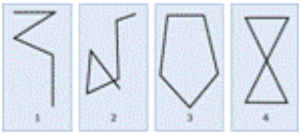


Figura 10- Línies formades per punts

Exemple:

```
DECLARE @g geometry;
SET @g = geometry::STGeomFromText('LINESTRING(1 1 NULL
0, 2 4 NULL 12.3, 3 9 NULL 24.5)', 0);
```

- *MultiLineString*: Representa un conjunt de *LineStrings*

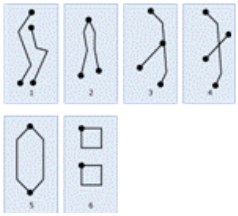


Figura 11- *LineStrings*

Exemple

```
DECLARE @g geometry;
SET @g = geometry::Parse('MULTILINESTRING((0 5, 1
1), (7 8, 6 4))');
```

- *Polygon*: Representa el polígon format per un conjunt de punts donats.

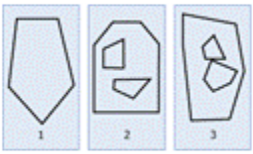


Figura 12- Polígons

Exemple

```
declare @g geography = 'POLYGON((0 0,0 10,0 20,0 30, 0
40, 50 40,50 30 ,50 20, 50 10, 50 0, 0 0))'
```

- *MultiPolygon*: Representa un conjunt de polígons

.

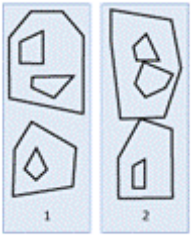


Figura 13- Conjunt de Polígons

Exemple:

```
DECLARE @g geometry;
SET @g = geometry::Parse('MULTIPOLYGON(((0 0, 0 3, 3 3,
3 0, 0 0), (1 1, 1 2, 2 1, 1 1)), ((9 9, 9 10, 10 9, 9
9)))');
SELECT @g.STGeometryN(2).STAsText();
```

- *GeomCollection*: Representa un conjunt de cero a mes elements dels tipus d'abans

Una cosa important a tenir en compte, és que totes les instàncies espacials tenen un identificador de referència espacial (SRID) que es correspon amb el sistema espacial de referència utilitzat (el·lipsoïdal o pla). Malgrat que una columna de tipus de dades espacial també s'inclou informació sobre instàncies espacials amb diferents SRID's, només es podran realitzar operacions entre aquelles instàncies que tenen el mateix SRID. Per defecte, s'assumeix que el SRID de les dades *geometry* és 0, mentre que el de les dades *geography* ha de ser un SRID vàlid segons l'estàndard EPSG, i que per defecte és 4326 (sistema de referència WGS 84).

Gràcies al SRID es poden realitzar càlculs d'intersecció, àrees, extracció de distàncies, sobre les dades espacials emmagatzemades. Aquesta és la raó per la qual només es poden aplicar mètodes de càlcul espacial a instàncies que tinguin el mateix sistema de referència.

3.2 Creació d'objectes de dades espacials

Els tipus de dades *geometry* i *geography* proporcionen una sèrie de diferents mètodes estàtics. El mètode apropiat dependrà dels següents factors:

- El tipus d'objecte geomètric que es volguí crear. Alguns mètodes només es poden utilitzar per a crear determinats tipus de geometries. Per exemple, els mètodes *STLineFromKB()* i *STLineFromTest()* només poden crear instancies de *LineString*.

- Al descriure les propietats de la geometria. Tots els mètodes requereixen el subministrament de la representació espacial d'una geometria utilitzant un dels tres formats estàndard*: Well-Know Test (WTK), Well-konow Binary (WKB) o Geometry Markup Language (GML)*. En conseqüència, per la utilització d'un mètode dependrà de quin format de representació es vulgui treballar. Per exemple, per crear una instancia des de una representació GML s'utilitzarà el mètode *GeomFromGml().*

- Si és vol crear un element de tipus *geometry* o *geography*. Els tipus de dades *geometry* i *geography* proporcionen les seues pròpies implementacions dels mètodes estàtics. Ja que un mètode estàtic sols pot crear instancies d'objectes del mateix tipus, per tant, aquests objectes proporcionen uns determinats mètodes. Per exemple, per crear un objecte de tipus *geometry Point* des de WKT, hi haurà que utilitzar el següent mètode *geometry::STPointFromText().* Per crear un objecte de tipus *geography Point* des de WKT, s'utilitzarà el mètode següent *geography::STPointFromText().*

En la següent taula es mostren mètodes per crear instancies des de diferents formats de presentació.

Objecte	*Well-Know Text*	*Well-known Binary*	*Geography Markup Language*
Point	*STPointFromText()*	*STPointFromKB ()*	*GeomFromGml()*
LineString	*STLineFromText()*	*STLineFromKB()*	*GeomFromGml()*
Polygon	*STPolyFromText()*	*STPolyFromKB()*	*GeomFromGml()*
MultiPoint	*STMPointFromText()*	*STMPointFromKB()*	*GeomFromGml()*
MultiLineString	*STMLineFromText()*	*STMLineFromKB()*	*GeomFromGml()*
MultiPolygon	*STMPolyFromText()*	*STMPolyFromKB()*	*GeomFromGml()*
Geometry Collection	*STGeomFromText()*	*STGeomFromKB()*	*GeomFromGml()*
Algun tipus suportat	*STGeomFromText() Parse()*	*STGeomFromKB()*	*GeomFromGml()*

La sintaxi genèrica és la següent:

- Tipus_de_dades::mètode(representació_geomètrica,srid)

Els quatre elements de la sintaxi són els següents:

- **Tipus_de_dades** especifica si el mètode estàtic pertanyi al tipus *geography* o *geometry*.

- **mètode** és el nom del mètode per crear la geometria. Serà un dels mètodes llistats de la taula d'abans.

- **Representació_geomètrica** és una representació adient de la geometria que serà creada. Aquesta representació pot ser en format de tipus text (WKT i GML) o binari (WKB).

- **srid** és un valor enter que identifica el sistema de referència espacial que s'utilitzarà per definir les coordenades.

3.2.1 Creació de geometries a partir de *Well-Known Text*

Well-Known Text es pot definir com una codificació o sintaxi dissenyada específicament per a descriure objectes espacials expressats de forma vectorial. Els objectes que és capaç de descriure són: punts, multipunts, línies, multi línies, polígons, multi polígons, col·leccions de geometria i punts en 3 i 4 dimensions. La seva especificació ha estat promoguda per un organisme internacional, *l'Open Geospatial Consortium*, sent la seva sintaxi molt fàcil d'utilitzar, de manera que és molt generalitzat el seu ús en la indústria que fa ús de les dades espacials. De fet, WKT és la base d'altres formats més coneguts com el KML utilitzat a *Google Maps* i *Google Earth*.

Avantatges del format WKT:

- És molt simple, aquest format és molt fàcil d'emmagatzemar i intercanviar entre sistemes
- Com està basat amb text, és molt fàcil d'identificar la informació que transmet.

Desavantatges del format WKT

- Com la representació del format es text, alguns valors decimals de les coordenades hi ha un arrodoniment que aporta una pèrdua de precisió.
- Sql-Server 2008 quan crea objectes des de WKT treballa més lent que amb altres formats.

Exemples de representació WKT:

- Punt : POINT(30 50)
- Línea: LINESTRING(1 1, 5 5, 10 10, 20 20)
- Multi línea: LINESTRING((1 1, 5 5, 10 10, 20 20),(20 30, 10 15, 40 5))
- Polígon simple: POLYGON (0 0, 10 0, 10 10, 0 0)
- Varis polígons en una sola geometria (multi polígon): POLYGON ((0 0, 10 0, 10 10, 0 10, 0 0),(20 20, 20 40, 40 40, 40 20, 20 20)).

Per crear un objecte *Point* des de la representació WKT es pot utilitzar el mètode *STPointFromText().* Per exemple, per crear un objecte de tipus *Point* que representi la ciutat de Edimburg utilitzant tipus de dades *geography*, amb les coordenades de -3,19 graus de longitud i 55,95 graus de latitud, utilitzant el sistema de referència espacial SRID 4326.

```
DECLARE @Edimburgh geography
SET @Edimburgh = geography::STPointFromText('POINT(-3.19 55.95)',4326)
```

Mensajes

```
Comandos completados correctamente.
```

Figura 14- Exemple *Point* amb *SQL Server Management Studio*

Hi ha una sèrie de mètodes, que subministra SQL-Server 2008, per extreure informació. Aquests mètodes són els següents:

- *STAsText().* Aquest mètode és un mètode Standard de *l'Open Geospatial Consortium* (OGC) per representar algun tipus de geometria en el format WKT.

- *AsTextZM().* Aquest mètode recupera la representació WKT d'una geometria amb els quatre valors. Aquestos valors són: longitud, latitud i a més si estan definits també la coordenada z que representa la alçada o elevació i la coordenada m que representa el valor de la mesura d'un punt.

- *ToString().* Aquest mètode és implementat per cada objecte de .NET. Aquest mètode és igual com *AsTextZM*().

Exemple d'utilització d'aquestos mètodes:

Tenint present la següent línia definida com a instància geomètrica

Figura 15- Exemple de línia

```
DECLARE @g geometry;
SET @g = geometry::STGeomFromText('LINESTRING(1 1 NULL 0, 2 4
NULL 12.3, 3 9 NULL 24.5)', 0);
```

Podem aplicar mètodes que extreuen informació:

```
DECLARE @g geometry;
SET @g = geometry::STGeomFromText('LINESTRING(1 1 NULL 0, 2 4
NULL 12.3, 3 9 NULL 24.5)', 0);
-- Obté el punt d'inici
SELECT @g.STStartPoint().STAsText();
-- Obté el punt final
SELECT @g.STEndPoint().STAsText();
-- Obté el punt nº 2
SELECT @g.STPointN(2).STAsText();
-- Obté el nº de punts que conformen el LineString
SELECT @g.STNumPoints();
-- Ens diu si la cadena forma un anell
SELECT @g.STIsRing();
-- Ens diu si la cadena es tanca
```

```
SELECT @g.STIsClosed();
-- Ens diu qualsevol punt que pertanyi a la línia de forma
aleatòria

SELECT @g.STPointOnSurface().STAsText();
```

3.2.2 Creació de geometries a partir de Well-Known Binary

Igual que WKT, el WKB és un representació de dades espacials definides per el OGC. A diferencia del format WKT, WKB representa un flux de bytes en format binari. Cada WKB comença amb una secció de capçalera que defineix el tipus de geometria que començarà a representar i l'ordre en que els bytes són presentats.

El format WKB és més difícil d'entendre comparat amb el format WKT. Els avantatges són els següents:

- Crear objectes des de WKB és més eficient que els altres formats.
- Ja que és un format binari, manté la precisió dels valors de les coordenades

La principal desavantatge és :

- Els valors binaris no són entesos fàcilment per els humans.

Un exemple d'utilització del format WKB

```
INSERT INTO SpatialTable (GeomCol1) VALUES
(geometry::STGeomFromWKB(0x0102000000270000000000000000C05140000
0000000907640000000000000052400000000000
707640000000000C0524000000000002076400000000000040534
00000000000F0754000000000000405440000000000009075400000
0000004055400000000000070754000000000000005640000000000
0707540000000000080584000000000007075400000000000405B
4000000000009075400000000000805D400000000000F07540000
0000000405E4000000000001076400000000000C05F4000000000
400000000000C05140000000000B07640000000000C05140000
0000000A07640000000000C0514000000000009076400000000000
008051400000000000807640,0))
```

3.2.3 Creació de geometries a partir de GML

GML és un llenguatge basat en XML per representar informació espacial. Quan es representa utilitzant GML, cada propietat de la geometria està continguda en les etiquetes dels elements específics dins de l'estructura del document. Per exemple, per representar un punt seria:

<Point xmlns=http://www.opengis.net/gml>

<pos> 10 30 </pos>

</Point>

Els principals avantatges són :

- GML és text, per tant és relativament fàcil examinar i entendre la informació que representa.

- GML és molt detallat, indicant expressament tots els valors dels elements específics

Les desavantatges són:

- Una representació d'un objecte amb GML ocupa més espai que el mateix representat amb WKT.

- Com WKT, també té una pèrdua de precisió causada per l'arrodoniment a l'expressar dels valors de les coordenades.

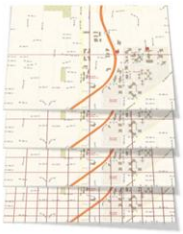
3.3 Sql-Server 2008 i el rendiment de les dades espacials

Sqls-Server 2008 atès que s'ha afegit suport per a dades espacials, també s'ha dotat d'un tipus estès d'índexs per millorar les consultes contra columnes que contenen informació d'aquest tipus.

Els índexs espacials cobreixen tant dades en espai pla (*geometry*), com a dades en un espai euclidià (*geography*). En el cas que l'índex es faci sobre una columna de tipus *geography*, l'índex va a realitzar una conversió de l'espai euclidià a un espai de 2D.

Només es podran generar índexs en el cas que la taula que hi ha la columna a indexar tingui una clau primària. A més, es poden fer tots els índexs es vulgui sobre una mateixa columna espacial.

En SQL Server 2008, els índexs de tipus de dades espacials s'implementen com arbres B, la qual cosa vol dir que s'han de descompondre les dades de 2D seguint aquest esquema. Quan es crear un índex sobre una columna espacial, SQL Server 2008 s'encarrega de realitzar aquesta descomposició, seguint una jerarquia de 4 nivells en graella. Cada graella del nivell superior, conté una altra graella del mateix nombre de cel·les que ell mateix (fins a l'última, on es troben les dades).



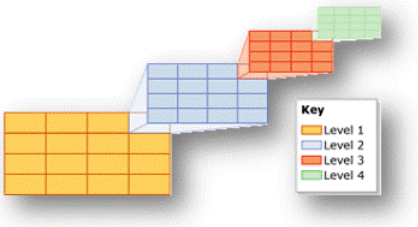


Figura 16- Jerarquia quatre nivells de graella

La densitat de les graelles de cada nivell, es pot especificar a l'hora de definir l'índex utilitzant la sentència *CREATE SPATIAL INDEX*. La següent taula, ens mostra les possibilitats de densitat que s'ofereixen:

	Configuració	Nombre de cel·les
LOW	4X4	16
MEDIUM	8X8	64
HIGH	16X16	256

Després de la descomposició d'un espai indexat, a la graella jeràrquica que hem vist, es pren fila a fila la columna espacial i s'associa cada part de l'objecte a una graella dins l'espai indexat, començant pel nivell 1 i afinant en cada nivell fins a l'últim. Aquest procés segueix les regles: regla de cobriment, regla de cel·la per objecte i regla de la cel·la més profunda.

La **regla de cobriment** s'aplica si l'objecte cobreix completament una cel·la, llavors es marca la cel·la com coberta i no es baixa al següent nivell.

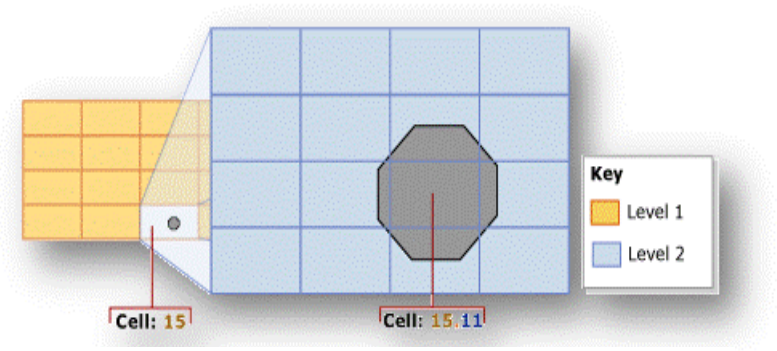


Figura 17- Regla de cobriment

Amb la regla de **la cel·la per objecte** podem marcar un límit de recursivitat, de manera que puguem indicar que es segueixi el procés de classificació en cel·les, mentre l'objecte no superi el nombre de cel·les marcat. Aquesta limitació es pot fer també mitjançant *CREATE SPATIAL INDEX*.

La regla de **cel·la més profunda** ens indica que cada cel·la pertanyi a una cel·la de nivell superior, com mostra la figura següent.

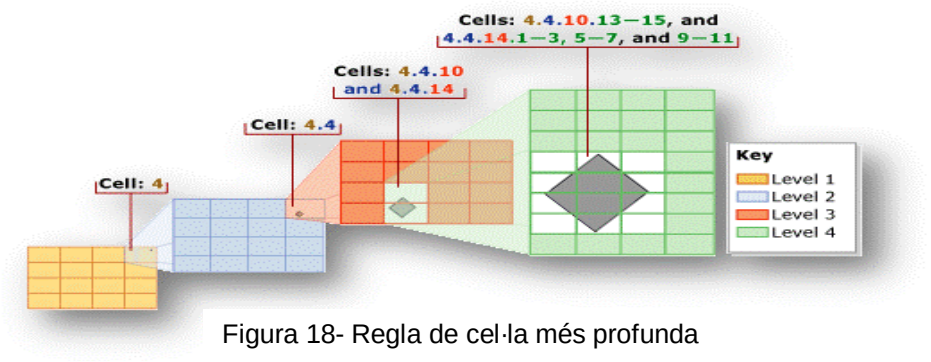


Figura 18- Regla de cel·la més profunda

3.3.1 Beneficis dels índex espacials

Al marge dels evidents beneficis de la indexació en matèria de recerca i actualització, els índexs espacials també suporten, sota algunes circumstàncies, mètodes geomètrics i geogràfics (sempre que les dades utilitzin el mateix SRID).

Els índexs geomètrics, suporten els següents mètodes: *STContains (), STDistance (), STEquals (), STIntersects (), STOverlaps (), STTouches ()* i *STWithin ().*

El seu funcionament és el següent:
geometry1.STMethod (geometry2) operador_comparació valor

Els índexs *geography*, suporten els següents mètodes: *STIntersects (), STEquals (), and STDistance ()* i el seu funcionament és idèntic al de *geometry*.

3.3.2 Tipus d'indexació espacial

Hi ha dues formes de realitzar la indexació espacial. Segons un esquema *geometry* i segons un esquema *geography*, que es corresponen amb els esquemes que cal aplicar en els seus tipus de dades *geometry* i *geography* respectius.

Tot i que se suporta que explícitament s'assigni un esquema a utilitzar en la sintaxi *CREATE SPATIAL INDEX*, si no és l'adequat l'esquema que li assignem, es llança una excepció.

Els índexs han d'indexar espais finits. En la següent il·lustració, es veu com un dels elements no està totalment cobert per l'índex. Això és perquè l'índex s'ha definit sobre un espai que no pertany en la seva totalitat amb la figura A. Les coordenades (x-min, i-min) i (x-max, i-max) s'especifiquen durant la creació de l'índex espacial.

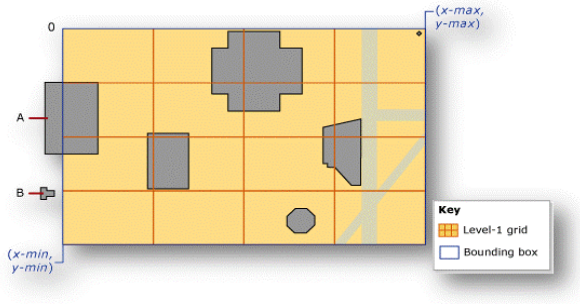


Figura 19 – Elements que cobreix un índex

L'espai exterior al definit per l'índex, es tracta com una cel·la única numerada com a 0. D'aquesta manera, la figura A, pertany a les cel 0, 9 i 5, de les quals només les 9 i 5 patiran el procés de subdivisió en nivells.

Només aquells objectes que estan totalment coberts per l'índex es beneficiaran dels índexs espacials, per la qual cosa és de vital importància que l'índex cobreixi com més objectes millor.

L'índex en les columnes de tipus *geography* consisteix en la transformació de l'espai geodèsic a un espai pla, perquè pugui ser descompost en graelles com hem vist anteriorment.
Les següents figures il·lustren el procés sofert.

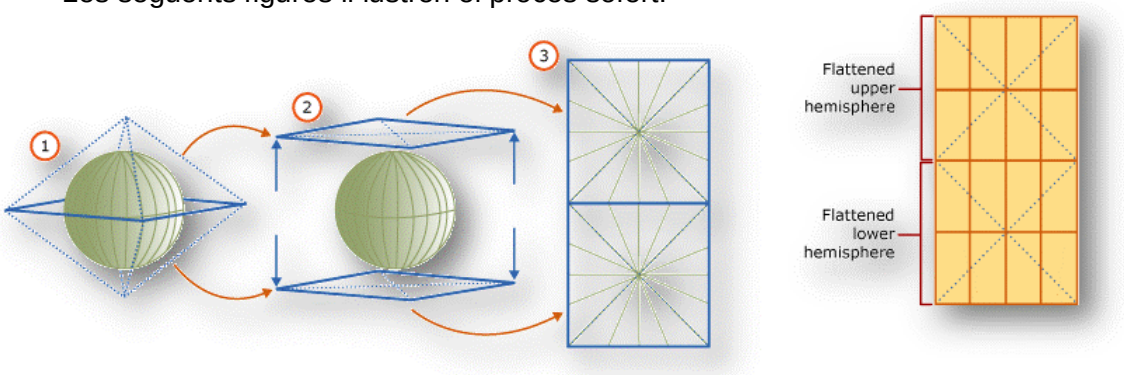


Figura 20 – Transformació de l'espai geodèsic a un espai pla

3.4 Visualització de les consultes de dades espacials en Management Studio

SQLServer Management Studio es l'eina subministrada amb *SQLServer* per ajudar a interactuar amb les bases de dades, aquestes interaccions poden ser tasques administratives, escriure o executar consultes.

Les consultes executades en *SQLServer* Management Studio són mostrades en una pantalla tabular, representant els resultats en format tabular. En conseqüència, la informació espacial podrà ser mostrada en els formats WKT, WKB, GML i binari. SQL

Server Management Studio 2008 conté una nova pantalla de resultats per subministrar un alternatiu mètode de veure els resultats en format gràfic de la consulta.

Example:

```
SELECT
geography::STPolyFromText(
  'POLYGON(
  (
    -77.0532238483429 38.870863029297695,
    -77.05468297004701 38.87304314667469,
    -77.05788016319276 38.872800914712734,
    -77.05849170684814 38.870219840133124,
    -77.05556273460388 38.8690670969385,
    -77.0532238483429 38.870863029297695
    ),
   (
    -77.05582022666931 38.8702866652523,
    -77.0569360256195 38.870737733163644,
    -77.05673217773439 38.87170668418343,
    -77.0554769039154 38.871848684516294,
    -77.05491900444031 38.87097997215688,
    -77.05582022666931 38.8702866652523
    )
  )',
 4326
)AS Geometry
```

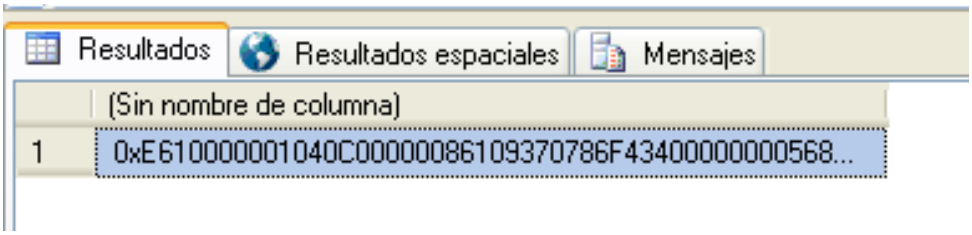


Figura 21 – Resultats d'una consulta de dades espacials en Management Studio

Per visualitzar els resultats de la consulta de dades espacials gràficament, simplement visualitzarem la pantalla de resultats espacials com mostra la figura següent:

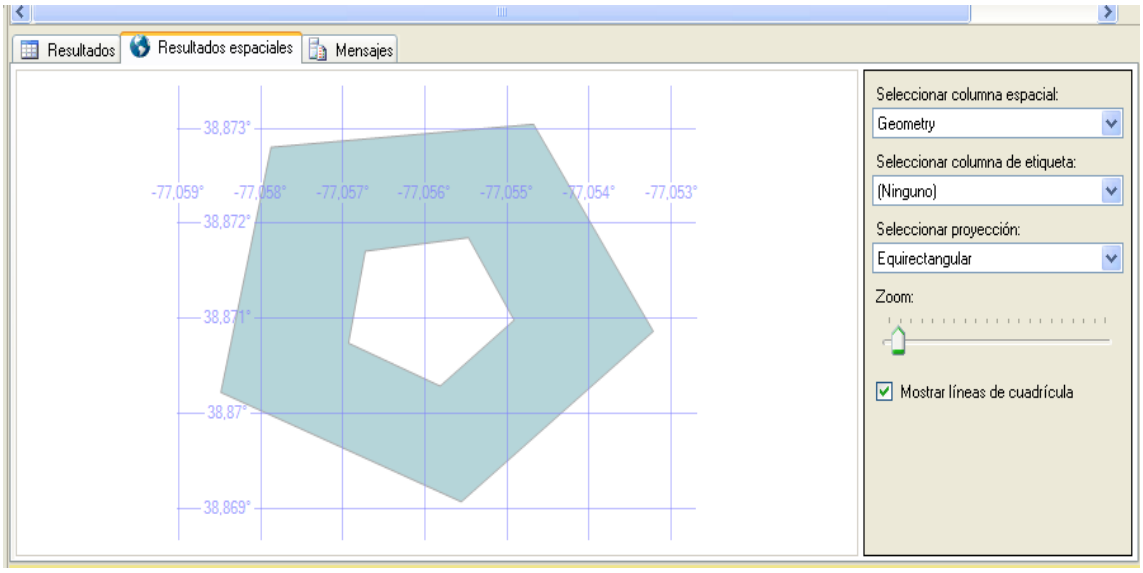


Figura 22 – vista del resultat utilitzant la pantalla de resultats espacials

Quan visualitzem el resultat de la consulta utilitzant la pantalla de resultats espacials podem seleccionar una de les següents projeccions:

- ***Equirectangular***, aquesta projecció és la projecció més simple, tant en la definició com en la construcció. En una projecció *equirectangular* les coordenades angulars de latitud i longitud són dibuixades directament sobre els eixos y i x del mapa de projecció. Així, es crea una imatge del mapa rectangular amb una proporció 2:1.
- ***Mercator***, durant molts anys ha sigut la projecció estàndard. Aquesta projecció presenta una bona aproximació a la seva zona central, però les zones superior i inferior corresponents a nord i sud presenten grans deformacions.
- ***Robinson***, A diferencia a la majoria dels mètodes de projecció, els quals són definits per formules matemàtiques, la projecció *Robinson* és creada per referència a una taula de valors específics. Aquest valors defineixen la longitud relativa de cada paral·lel i la distancia en la qual el paral·lel podria ser pintat des de l'equador .
- ***Bonne***, en una projecció *Bonne* tots els paral·lels són construïts amb arcs concèntrics. La imatge del mapa creada per la projecció Bonne és dues vegades més ampla que alta, mantenint les la relació dels elements del mapa, i descriu amb precisió la distància horitzontal entre dos punts qualssevol. No obstant això, distorsiona altres elements de la imatge.

4. Comparativa de SQL-Server 2008 amb els SGBD més utilitzats respecte a la informació espacial

La bases de dades més importants comparteixen unes propietats comuns. L'emmagatzematge de dades espacials a una base de dades espacial proporciona una API senzilla (SQL) per a les operacions CRUD, així com les operacions d'anàlisi. A més, cert bases de dades espacials proporcionen la capacitat d'utilitzar la geografia com un paràmetre de consulta.

Una base de dades comú hi ha tipus de cadenes, números i dates. Una base de dades espacials afegeix un o més tipus de representació de les característiques geogràfiques. Aquest model bàsic es defineix a *l'Open Geospatial Consortium* (OGC) *"Simple Features for SQL"* (SFSQL) .

El SFSQL especifica les normes particulars per a la construcció de geometries vàlides, la representació legal de les geometries en ASCII i en format binari, i un conjunt de funcions bàsiques per a la construcció, inspecció, mesurament i la manipulació de geometries.

Una base de dades comuna ofereix funcions per a la manipulació de les dades durant una consulta: concatenar cadenes, realitzar operacions *hash* en cadenes, fer matemàtiques amb els números, per obtenir informació de dates i així successivament. Una base de dades espacial ha de proporcionar un conjunt complet de funcions per a l'anàlisi dels components de les geometries, les relacions entre geometries, i la manipulació de geometries.

Per l'anàlisi s'ha elegit les SGBD més utilitzades com *Oracle, PostgreSQL, IBM DB2 i MySQL*.

4.1 Oracle

Oracle Spatial estén les principals característiques de localització incloses en tota base de dades *Oracle* amb *Oracle Locator* i la seva avançada manipulació de dades i anàlisi espacial inclouen la generació de memòries intermèdies, agregats espacials, càlculs de àrea i longitud, i referències lineals. També inclou un tipus de dades *GeoRaster* per emmagatzemar i administrar metadades i dades d'imatges rasteritzades, models de dades de xarxa i topologia, motors de encaminament i geocodificació, APIs per a una ràpida i fàcil implementació dels mapatges, serveis d'encaminament i codificació, i funcions d'exploració i anàlisi espacial.

En la versió 11g el tipus de dades de geometria espacial ha estat millorat per donar suport a les dades de 3 dimensions. Els nous tipus de dades donen suport al emmagatzematge i l'administració de *point clouds* (punts tridimensionals) i models de terreny, que es poden trobar a àmbits com la planificació urbana, la seguretat interna o la producció de mapes basats en Lidar. *Oracle Spatial* ara recolza estàndards de serveis web geoespacials, per oferir una plataforma segura i escalable per a l'arquitectura orientada a serveis. El tipus de dades *GeoRaster* i el model de dades de

xarxa han estat millorats per gestionar conjunts molt més grans de dades, i també són més fàcils d'utilitzar.

Oracle treballa consistentment per ajudar a modelar, impulsar, implementar i suportar els estàndards oberts més recents en les àrees de serveis espacials i de localització. Oracle és membre principal del Consorci Geoespacial Obert (OGC) i participa activament en el Comitè Tècnic. Oracle també està compromès a donar suport al nou llenguatge geogràfic de marcat OGC (GML), així com interfícies per Serveis Oberts de localització. El model d'objecte relacional utilitzat per *Oracle Spatial* per a l'emmagatzematge de geometries també s'ajusta a les especificacions associades amb la representació SQL92 de punts, línies i polígons.

El paquet complet d'*Oracle Spatial* inclou els paquets d'extensió per als casos d'ús més complex en l'àmbit geoespacial com els següents:

• El sistema de referència lineal (LRS) de suport

• L'anàlisi espacial i les funcions de la mineria i els procediments (paquet SDO_SAM)

• Suport de geocodificació (paquet SDO_GCDR)

• Suport *GeoRaster*

Per la indexació, Oracle Spatial inclou R-tree i la capacitat d'indexació quadràtica. A més, *R-tree* pot ser utilitzat per a qualsevol 3D i 4D. Un *R-tree* aproxima cada geometria amb el rectangle més petit que tanca la geometria (anomenat el rectangle mínim, o MBR).

Figura 23 – MBR

Per a una capa de geometries, un *R-tree* consta d'un índex jeràrquic dels rectangles mínims que delimiten les geometries de la capa. Els índex *R-tree* són ràpids i treballen directament en les dades geodèsics, i a més, són el mecanisme d'indexació preferit per treballar amb dades espacials. Les dades geodèsics són les dades que consisteixen en coordenades angulars (longitud i latitud) que es defineixen en relació a una representació particular de la figura de la Terra, o de referència.

La divisió quadràtica crea un mosaic de rectangles que cobreixen les dades geomètriques representades per cada capa. Una representació binària dels rectangles s'emmagatzema en l'índex espacial. Els rectangles que cobreixen poden ser ràpidament examinats per a qualsevol interacció entre les capes. Com les dades de

localització s'afegeixen a una base de dades, un índex de divisió quadràtica subdivideix la geometria en rectangles, preservant l'organització espacial de les dades.

Figura 24– Divisió quadràtica

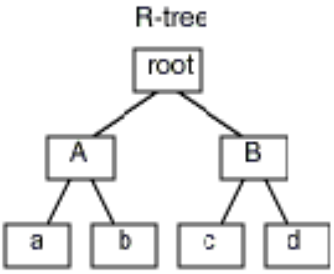


Figura 25– *R-tree*

4.2 IBM DB2

DB2 utilitza treballar amb dades espacials utilitza les extensions següents:

- DB2 *Spatial Extender* serveix per representar elements geogràfics. Les dades espacials més simples consisteixen d'un únic parell de coordenades que defineix la posició d'una única ubicació geogràfica on considera que la terra és un mapa pla. Una dada espacial més ampli consta de diverses coordenades que defineixen un recorregut lineal, tal com el que format per un camí o un riu. Un tercer tipus consta de coordenades que defineixen el perímetre d'una àrea, per exemple, els límits d'una terreny o d'una zona amb risc d'inundació.

  Cada dada espacial és un exemple d'un tipus de dada espacial. El tipus de dades per coordenades que marquen una ubicació determinada és *ST_Point*, el tipus de dades per coordenades que defineixen un recorregut lineal és *ST_LineString*, i el tipus de dades per coordenades que defineixen el perímetre d'una àrea és *ST_Polygon*. Aquests tipus, juntament amb els altres tipus de dades espacials, són tipus estructurats que pertanyen a un jerarquia individual.

  Les geometries suportades per DB2 *Spatial Extender* formen una jerarquia. La jerarquia de la geometria està definida per el document de *OpenGIS Consortium, Inc (OGC)* anomenat "*OpenGIS Simple Features Specification for SQL"*.

  DB2 *Spatial Extender* utilitza la indexació reticular, que està dissenyada per indexar dades espacials multidimensionals i columnes espacials. *DB2 Spatial Extender* proporciona un índex reticular que està optimitzat per a dades de dues dimensions en una projecció plana de la terra.

  DB2 *Spatial Extender* proporciona funcions que realitzen diverses operacions sobre dades espacials. En termes generals, aquestes funcions es poden classificar segons el tipus d'operació que realitzen. Així , la classificació de les categories és la següent: retorna informació sobre geometries determinades,

realitza comparacions, obté noves geometries a partir d'altres existents, converteix geometries entre formats d'intercanvi de dades.

- *DB2 Geodetic Extender* utilitza els mateixos tipus de dades i funcions que DB2 *Spatial Extender* per emmagatzemar dades geogràfiques en una base de dades de DB2. Les dades geodèsics són dades espacials que s'expressen en coordenades de latitud i longitud, en un sistema coordenades que descriu una superfície tancada, contínua i rodona.

  El sistema de referència de coordenades de *DB2 Geodetic Extender* utilitza la latitud i la longitud geodèsica per descriure ubicacions amb relació a la terra. La latitud i la longitud geodèsica es basen sempre en un *datum* específic.

  DB2 Geodetic Extender defineix una regió geodèsica mitjançant una seqüència ordenada de punts que formen un anell tancat. L'ordre en què s'especifiquen els punts d'un polígon és significatiu. Seguint un polígon de vèrtex a vèrtex en l'ordre definit.

  El format que suporten les columnes espacials de dades geodèsiques són : *Shapefile*, SDE, WKT, WKB i GML.

  DB2 Geodetic Extender proporciona suport per a un nou mètode d'accés espacial que permet crear índexs en columnes que continguin dades geodèsics multidimensionals. Un índex *Voronoi* geodèsic és més apropiat que un índex reticular per a les dades geodèsics perquè considera la terra com a una esfera continua sense distorsions al voltant dels pols o vores del meridià 180 º.

  DB2 Geodetic Extender calcula el cercle delimitador mínim (MBC) per a cada geometria. El MBC és un cercle que envolta una geometria geodèsica. L'índex *Voronoi* utilitza aquesta informació de MBC per organitzar les dades en una estructura de cel·la.

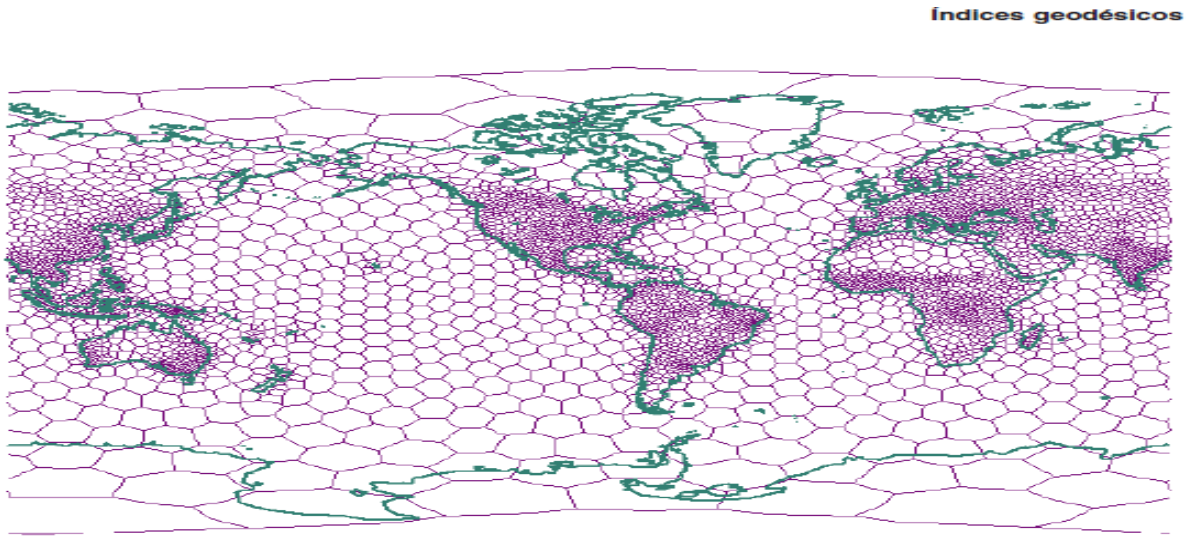


Figura 26– Estructura *Voronoi* basada en la densitat de població mundial

IBM DB2 suporta més de 125 funcions espacials entre DB2 *Spatial Extender* i *DB2 Geodetic Extender*. *DB2 Geodetic Extender* es basa a la biblioteca de funcions proporcionada per ESRI i *DB2 Geodetic Extender* es basa a la biblioteca de funcions *Hipparchus*. Les diferències de funcionament entre les biblioteques ESRI i *Hipparchus* es tradueixen en diferències menors pel que fa al comportament d'algunes funcions.

4.3 PostgreSQL

PostgreSQL, amb el mòdul *PostGIS*, afegeix suport d'objectes geogràfics a la base de dades , convertint-la en una base de dades espacial per la seva utilització en Sistema d'Informació Geogràfica.

PostGIS recolza tots els objectes i les funcions especificades en l'especificació d'OGC *Simple SQL. PostGIS* s'estén la norma amb el suport de 3DZ, 3DM i 4D coordenades. L'especificació *OpenGIS* defineix dues formes estàndard d'expressar els objectes espacials: WKT, Shapefile i WKB . Tots dos WKT i WKB inclouen informació sobre el tipus d'objecte i les coordenades que constitueixen l'objecte.

A més l'especificació OpenGIS requereix que els objectes incloguin el identificador de sistema de referència espacial (SRID). El SRID és requerit quan inserim un objecte espacial a la base de dades.

PostGIS suporta dues tipus que són: *Geography* i *Geometry*.

- *Geography*, La base per al tipus de *PostGIS* geogràfica és una esfera. El camí més curt entre dos punts de l'esfera és un arc de cercle màxim. Això significa que els càlculs sobre àrees geogràfiques (àrees, distàncies, longituds, interseccions, etc) s'han de calcular sobre l'esfera, utilitzant matemàtiques més complicades.
- *Geometry*, La base per al tipus de geometria *PostGIS* és un pla. El camí més curt entre dos punts en el pla és una línia recta. Això significa que els càlculs sobre les geometries (àrees, distàncies, longituds, interseccions, etc) es pot calcular utilitzant la matemàtica cartesiana.

PostgreSQL suporta tres tipus d'índexs per defecte: *B-Tree* ,*R-Tree*, i *GIST*. D'aquests índexs s'utilitzen *R-Tree* i *GIST* per les dades espacials, però el índex més robust, i per tant, el més utilitzat per les dades espacials és *GIST*.

GIST és una forma genèrica d'indexació. A més de la indexació dels *SIG, GIST* s'utilitza per accelerar les recerques en tot tipus d'irregularitats en les estructures de dades (vectors d'enters, les dades espectrals, etc) que no són susceptibles d'utilitzar *B-Tree*.

Els índexs de *GIST* tenen dues avantatges sobre els índexs *R-Tree* a *PostgreSQL*. En primer lloc, les columnes que formen part del índex poden incloure valors nuls. En segon lloc, quan els objectes SIG són més grans que la mida de la pàgina de 8k, *GIS*T permet emmagatzemar només part important d'un objecte en el índex.

4.4 MySQL

MySQL implementa extensions espacials seguint l'especificació del Consorci Open GIS (OGC). *MySQL* implementa un subconjunt de l'entorn SQL amb Tipus Geomètrics proposat per *l'OGC*. Una columna SQL amb valors geomètrics s'implementa com una columna que té un tipus geomètric. Les especificacions descriuen un conjunt de tipus geomètrics SQL, així com les funcions per analitzar i crear valors geomètrics sobre aquests tipus.

El conjunt de tipus geomètrics proposat per l'entorn SQL amb Tipus Geomètrics de OGC's es basa en el Model *OpenGIS* de Geometria. En aquest model, cada objecte geomètric té les següents propietats generals:

- Està associat amb un Sistema de Referència Espacial, que descriu l'espai de coordenades en que l'objecte està definit.
- Pertany a alguna classe geomètrica.

Les classes geomètriques defineixen una jerarquia de la següent manera:

- Geometry (no es pot instanciar)
    - Point
    - Curve (no es pot instanciar)
        - LineString
            - Line
            - LinearRing
    - Surface (no es pot instanciar)
        - Polygon
    - GeometryCollection
        - MultiPoint
        - MultiCurve (no es pot instanciar)
            - MultiLineString
        - MultiSurface (no es pot instanciar)
            - MultiPolygon

No es pot crear objectes de classes que no es poden instanciar. Es poden crear objectes de classes que es poden instanciar. Totes les classes tenen propietats, i les

classes que es poden instanciar poden tenir també assercions (regles que defineixen les instàncies de classe vàlides).

Geometry és la classe base. És una classe abstracta. Les subclasses que siguin instàncies de Geometry estan restringides a objectes geomètrics de zero, un o dos dimensions que hi ha en un espai de coordenades bidimensional. Totes les instancies de les classes geomètriques són definides de manera que les instàncies vàlides d'una classe geomètrica tinguin una topologia tancada (és a dir, que totes les geometries definides inclouen el seu límit).

Els formats de dades espacials suportats són:

- Format Well-Known Text (WKT)
- Format Well-Known Binary (WKB)

MySQL pot crear índexs espacials utilitzant una sintaxi semblant a la que s'utilitza per crear índexs normals, però estesa amb la paraula clau Spatial. Les columnes espacials que estan indexades, han de ser declarades, actualment, com NOT NULL.

MySQL utilitza R-Tree amb partició quadràtica per indexar les columnes espacials. Un índex espacial es construeix utilitzant el MBR d'una geometria. Per a la majoria de les geometries, l'MBR és el rectangle mínim que la circumscriu. Per a una línia vertical o horitzontal, la MBR és un rectangle reduït a una línia. Per a un punt, la MBR és un rectangle reduït a un punt.

4.5 Taula comparativa dels SGBD analitzats

	SQL-Server 2008	**Oracle**	**IBM DB2**	**MySQL**	**PostGreSQL**
Sistemes Operatius	Windows XP Windows Vista Windows 2003 Windows 2008	Windows 32-bit Windows x64 Linux x86 Linux x86-64 Solaris (SPARC) AIX (PPC64) HP-UX itanium HP-UX PA-RISC (64-bit)	AIX 5.3 AIX 6.1 Windows 2003/2008 Server Windows XP Professional Widows Vista Solaris 9 Solaris 10 Linux (IA32, AMD64, zSeries) HP-UX 11v2/v3	Linux/Unix Mac OS X Windows Solaris	Free-BSD Linux Solaris Mac OS X Windows
Compleix estàndard OGC	*OGC Simple Features for SQL OGC Simple features for SQL* suport aproximat de 70 mètodes i funcions	*SFS (Simple Features Interface Certificado SFSQL-TF Standard) 1; GML (Geographic (Simple Features for SQL Markup Language) 2.0; OLS Types and Functions)* *(OGC Location Services) 1.1;* *); WMS (Web Map Service)* *1.1*	Implementa OGC Simple Features for SQL utilitzant Tipus i Funcions., GML (Geographic Markup Language)	Implementa *OGC Simple Features for SQL* per els tipus de geometria, les funcions espacials les realitza en base al MBR. No implementa les funcions espacials de precisió.	Certificat SFSQL-TF (*SimpleFeatures for SQL for SQL Types and Functions)*

Suport Vector 2D, 3D	Els tipus *OGC Simple Feature: Point, LineString, Polygon, GeometryCollection, MultiPoint, MultiLineString, and MultiPolygon.* Suport per coordenades M i Z	Els tipus de dades suportats per SFS1, més cercles,arcs, combinacions d'arcs, línies i rectangles,, suport emmagatzematge 3D de línies, punts i polígons	Els tipus *OGC Simple Feature*: *ST_Point, ST_LineString, ST_Polygon, ST_GeomCollection, ST_MultiPoint, ST_MultiPolygon , ST_MultiLineString*. Més coordenades Z, i M	Els tipus *OGC Simple Feature: Point, LineString, Polygon, GeometryCollection, MultiPoint, MultiLineString, and MultiPolygon.* Sols treballa amb 2D	Com s'especifica en la OGC SFSQL: Point, *Linestring, Polygon, Multipoint, Multilinestring, Multipolygon, Geometrycollection*, A més, suport per coordenades M i Z
Suport *Raster*	No	Mitjançant SDO_GeoRaster	No	No	A través dels tipus de dada CHIP, i el projecte PgRaster
Formats suportats	WKT, WKB, GML	GML 2.0, OLS Services	Shapefile, WKT, WKB, GML	WKT, WKB	FME, Shapefile, WKT, WKB GML, SVG, KML
Llicencia	La base de dades SQL Server 2008 es distribueix amb la llicència comercial de Microsoft, basat en diferents nivells de característiques per versions.	*Oracle Spatial* s'adquireix com un complement addicional per a la base de dades *Oracle Enterprise Edition*.	*DB2 Spatial Extender* ve inclòs en totes les versions. *Geodetic Extender* s'instal·la com *GeodeticData Management Feature* únicament en *DB2 Enterprise Server Edition*	*MySQL* es desenvolupa com Programari Lliure però es distribueix sota una llicència dual, s'ofereix el producte sota la llicència GNU GPL i una llicència del tipus Commercial Open Source	*PostgreSQL* és distribuït amb la llicència BSD i PostGIS mitjançant la llicència GPL Open Source

5. Cas pràctic

5.1 Anàlisis

5.1.1 Introducció

Per fer servir les noves característiques espacials que ens aporta SQL-SERVER 2008 s'ha creat una aplicació que utilitza aquestes característiques, concretament un sistema informàtic que faciliti la localització de diferents dispositius mòbils.

El sistema permetrà a un conjunt de dispositius mòbils estar localitzats. Així, els dispositius mòbils, cada 60 segons, actualitzen la seva ubicació en la base de dades i en pantalla, mostrant aquesta ubicació en un mapa de *Google Maps*, i a més, si es configura, també es pot veure la localització dels altres dispositius que estiguin dins un àrea circular on el centre es el propi dispositiu i el radi be determinat per l'elecció de l'usuari. Quan un dispositiu mòbil per primera vegada accedeix al sistema, mitjançant un usuari autoritzat, aquest dispositiu es donarà d'alta al sistema.

Des de una aplicació Web tindrà lloc el manteniment d'usuaris, dispositius i també es mostrarà on estan ubicats els diferents dispositius mòbils, mitjançan*t Google Maps*, on es poden fer consultes sobre els dispositius com per exemple: triar un dispositiu i veure quins dispositius estan dins d'un radi determinat, triar un dispositiu i veure les distancies amb altres dispositius i mostrar les distancies entre els diferents dispositius mòbils .

5.1.2 Requeriments funcionals

5.1.2.1 Usuaris a considerar

Els usuaris a tenir en conte en el sistema són els següents:

- **Usuari dispositiu mòbil**, aquest usuari s'identificarà en el sistema i actualitzarà la seva posició, cada cert temps, en la base de dades central, si el dispositiu no hi és en el sistema en el sistema es dóna d'alta També podrà consultar la posició dels altres usuaris dins un radi determinat.

- **Administrador**, aquest usuari tindrà la possibilitat de consultar les ubicacions dels dispositius i fer el manteniment dels usuaris com dels dispositius.

5.1.2.2 Funcionalitats de Seguretat

Aquestes van destinades a gestionar els aspectes de seguretat del sistema.

- **Iniciar sessió**

  Permet tant l'usuari del dispositiu mòbil com l'usuari de l'aplicació Web autenticar-se en el sistema.

- **Canvi de clau**

Permet als administradors canviar la clau d'un usuari

- **Alta Usuari**

  Permet als administradors donar d'alta un nou usuari.

- **Baixa Usuari**
  Permet donar de baixa un usuari

- **Esborrar dispositiu**

  Permet als administradors esborrar els dispositius.

5.1.2.3 Funcionalitats d'informació geogràfica

Des de el punt de vista de localització de la informació referenciada el sistema ha de complir els següents requeriments:

- Des de l'aplicació Web consultar les ubicacions dels dispositius mòbils mitjançant una sèrie de consultes.

- Des de el dispositiu mòbil poder ubicar el dispositiu mòbil i també els altres dispositius del sistema.

5.1.3 Requeriments No funcionals

5.1.3.1 Requeriments d'interfície

El sistema té dos entorns ben diferenciats que són l'entorn WEB i l'entorn de dispositiu mòbil, per tant el sistema haurà de comptar amb les interfícies especialitzades següents:

- Interfície dissenyat per dispositius mòbils

- Interfície dissenyat per un entorn WEB, l'accés podrà ser a traves d'internet o intranet.

5.1.3.2 Requeriments de seguretat

El sistema, abans d'utilitzar hi ha que autenticar-se per comprovar si l'usuari està autoritzar per utilitzar l'aplicació. En l'entorn mòbil la clau i l'usuari es poden emmagatzemar en el registre per poder auto-signar .

L'autenticació es realitzarà mitjançant la introducció i comprovació del parell usuari, clau, aquest parell serà facilitat prèviament als usuaris.

5.1.4 Anàlisi del sistema

Aquesta secció recull el resultat de la fase d'anàlisi del sistema. Aquest resultat es presenta en forma de diagrama de cas d'ús així com les seves funcionalitats.

5.1.4.1 Identificació d'actors

Els actors identificats són els detectats en els requeriments funcionals:

- **Usuari dispositiu:** seran els usuaris que utilitzen els dispositius mòbils.
- **Rellotge:** Sistema autònom que periòdicament, actualitza les ubicacions dels dispositius mòbils, en el cas que el dispositiu no estigi donat d'alta en la base de dades aquesta l'incorporarà.
- ***Google Maps*:** Servidor de mapes que utilitzarà el sistema, tant el dispositiu mòbil com el servidor WEB per la localització en un mapa dels dispositius mòbils.
- **Administrador:** Aquest usuari serà l'encarregat del manteniment d'usuaris i dispositius, mitjançant una aplicació WEB, i també poder consultar les diferents ubicacions dels dispositius WEB.

5.1.4.2 Diagrama de casos d'ús

Amb el diagrama següent es representen les diverses funcionalitats dels actors identificats segons els blocs o subsistemes.

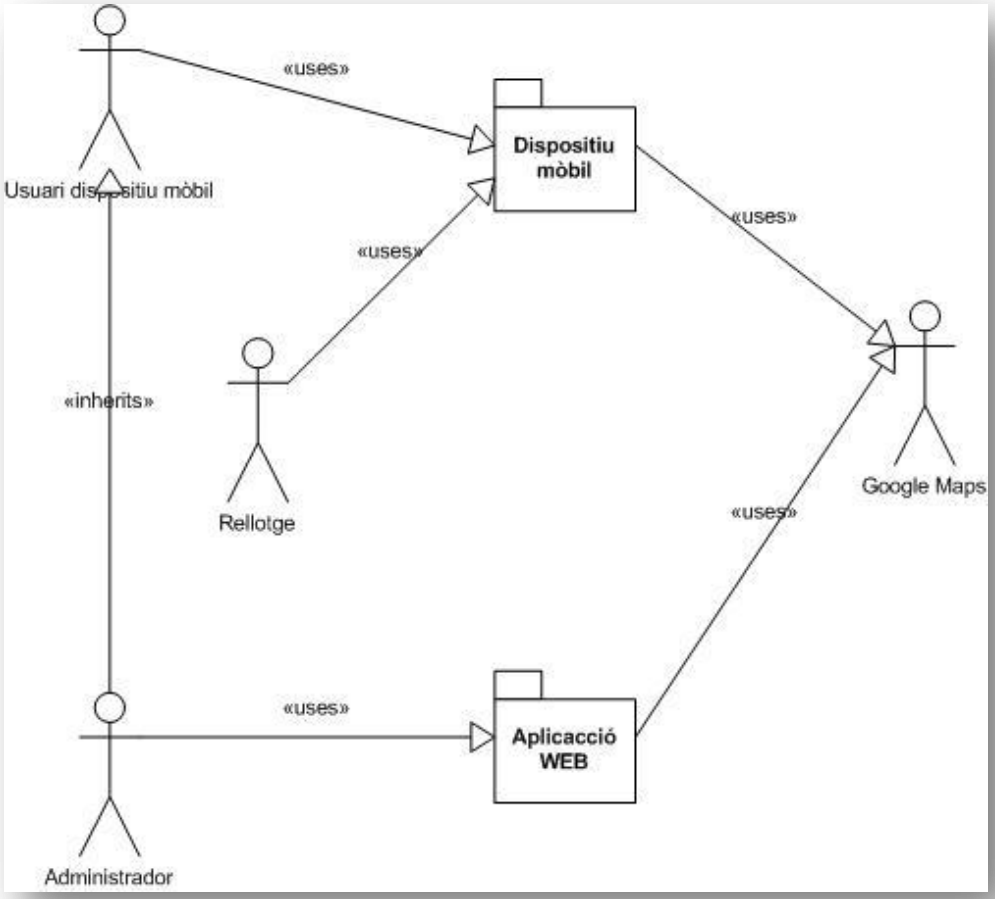


Figura 27– Diagrama casos d'ús de subsistemes

Diagrama de casos d'ús per funcionalitats

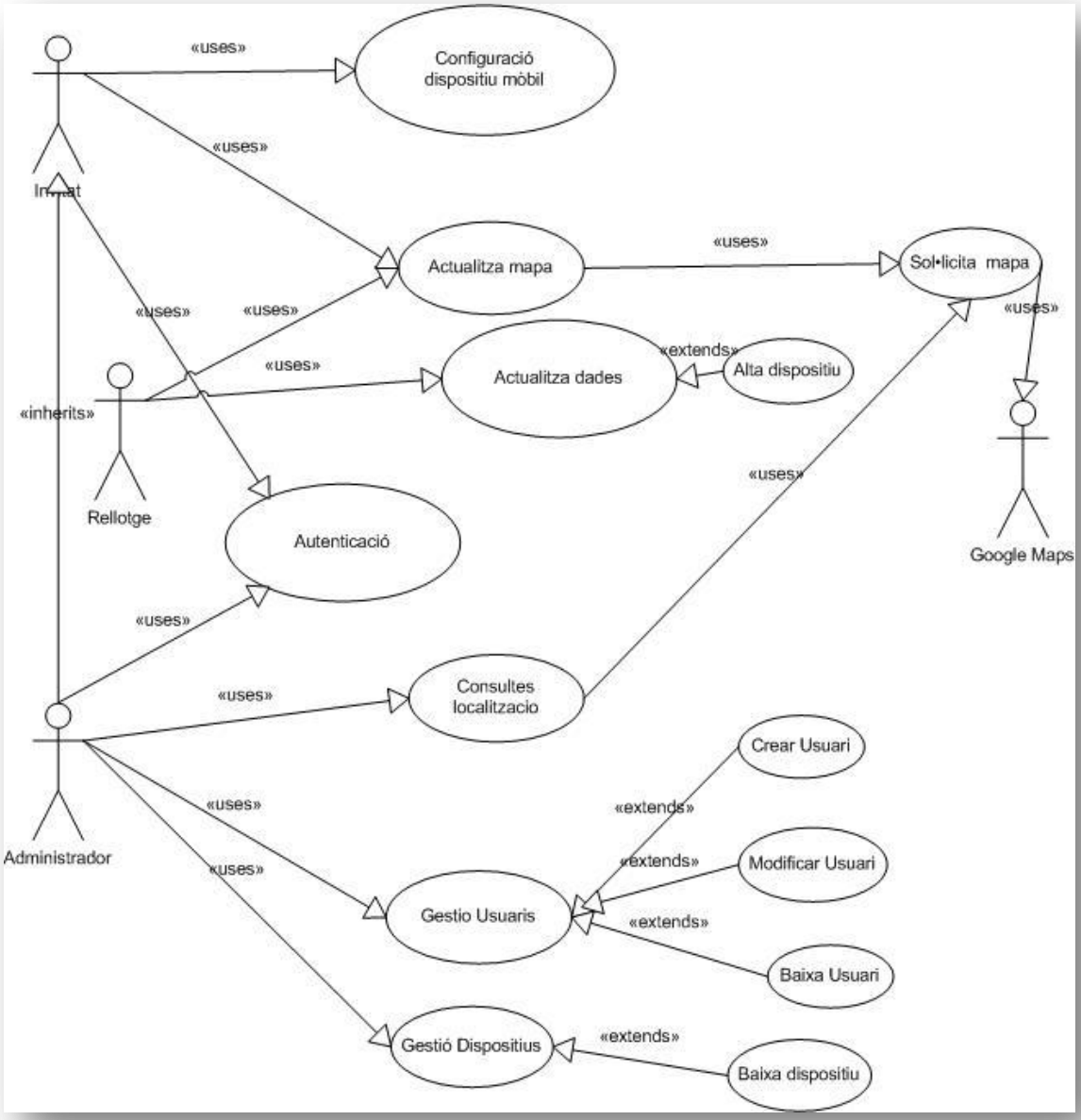


Figura 28– Diagrama casos d'ús per funcionalitats

5.1.4.3 Descripció dels casos d'ús

Cas d'ús autenticació	
Resum	Acceptació o rebuig d'un usuari a l'aplicació
Actors	Invitat, Administrador
Precondició	L'usuari introdueix el nom d'usuari i la clau de pas
Postcondició	Si l'usuari no existeix al sistema o la contrasenya no és correcta se l'informa de que no pot accedir a l'aplicació.
Flux principal	• L'usuari accedeix a la pantalla d'accés. • Introdueix el nom d'usuari i la clau de pas i polsa el botó acceptar. • El sistema valida o no l'usuari En cas de rebuig es mostra una alerta indicant que l'usuari no existeix o la clau de pas no és correcta.

	Si les dades són correcte l'usuari accedeix a l'aplicació.

Cas d'ús configuració dispositiu mòbil	
Resum	Configura el dispositiu mòbil per veure els altres dispositius, amb un radi determinat, en el mapa juntament a la seva pròpia localització
Actors	Invitat, Administrador
Postcondició	L'estat que indica mostrar els altres dispositius ha canviat.
Flux principal	• L'usuari accedeix al formulari de configuració. • Tria el radi per mostrar els dispositius dins d'aquest radi. • Activa o desactiva mostrar els altres dispositius • Polsa el botó de acceptar si vol validar la tria i cancel·lar si no vol canviar l'estat actual.

Cas d'ús actualitza mapa	
Resum	Mostrat per pantalla la localització dels dispositius mòbils amb un mapa de *Google Maps*
Actors	Invitat, Administrador, Rellotge
Precondició	Quan l'usuari o el rellotge actualitzar la pantalla
Flux principal	• L'usuari o rellotge crida al servei de *Google Maps* amb uns paràmetres determinats. • El servei *Google Maps* retorna la imatge de la localització. • Refresca la pantalla amb la imatge obtinguda

Cas d'ús actualitza dades	
Resum	Cada cert temps s'actualitza la posició del dispositiu en la base de dades
Actors	Rellotge
Precondició	Haver passat el temps marcat
Postcondició	Les dades són emmagatzemades en la base de dades
Flux principal	• S'activa el rellotge • Recupera la localització del dispositiu • Emmagatzema la localització en la base de dades mitjançant un servei Web
Extensió	Alta dispositiu

Cas d'ús alta dispositiu	
Resum	Quan s'actualitzen les dades del dispositiu en la base de dades si el dispositiu no existeix es crea
Actors	Rellotge
Precondició	Que el dispositiu no estigui en la base de dades
Postcondició	Dispositiu creat en la base de dades
Flux principal	• S'activa el rellotge • emmagatzema les dades de la localització del

	dispositiu • Si el dispositiu no hi és en la base de dades es crea

Cas d'ús consultes localització	
Resum	Es realitzen diverses consultes per demostrar la potencia dels nous tipus de dades espacials que ens aporta SQLSERVER 2008
Actors	Administrador
Precondició	Seleccionar la consulta desitjada
Postcondició	Mostra en pantalla les dades de la consulta
Flux principal	• L'administrador selecciona el tipus de consulta • L'administrador polsa el botó que activa la consulta • La base de dades retorna les dades sol·licitades • Amb les dades de ,localització es visualitza en pantalla mitjançant un mapa de *Google Maps*

Cas d'ús gestió usuaris	
Resum	Aquest cas mostra com l'administrador gestiona tots els usuaris
Actors	Administrador
Flux principal	• L'administrador selecciona del menú principal l'opció de gestió dels usuaris. • Es mostren tots els usuaris emmagatzemats en el sistema amb les accions que es poden fer per cada usuari. • L'administrador quan acaba pot tornar a la pantalla principal o eixir de l'aplicació.
Extensions	crear usuari modificar usuari baixa usuari

Cas d'ús crear usuari	
Resum	Aquest cas mostra com l'administrador afegeix un nou usuari
Actors	Administrador
Postcondició	L'usuari ha sigut emmagatzemat en la base de dades o s'ha cancel·lat
Flux principal	• L'administrador comença amb el cas d'ús Gestió d'usuaris • Polsa el botó d'afegir usuari. • Apareix un panel on hi són els camps que hi ha que introduir • L'administrador complimenta els camps i polsa el botó d'acceptar

Cas d'ús modificar usuari	
Resum	Aquest cas mostra com l'administrador modifica un usuari

Actors	Administrador
Precondició	Haver seleccionat un usuari
Postcondició	L'usuari ha sigut modificar i emmagatzemat en la base de dades o s'ha cancel·lat
Flux principal	• L'administrador comença amb el cas d'ús Gestió d'usuaris • Selecciona l'usuari per modificar.. • Apareix un panel on hi són els camps es poden modificar • L'administrador modifica els camps i polsa el botó d'acceptar

Cas d'ús baixa usuari	
Resum	Aquest cas mostra com l'administrador esborra un usuari
Actors	Administrador
Precondició	Haver seleccionat un usuari
Postcondició	L'usuari ha sigut esborrat de la base de dades o s'ha cancel·lat
Flux principal	• L'administrador comença amb el cas d'ús Gestió d'usuaris • Selecciona l'usuari per esborrar. • L'administrador polsa el botó d'acceptar

Cas d'ús gestió dispositius	
Resum	Aquest cas mostra com l'administrador gestiona tots els dispositius
Actors	Administrador
Flux principal	• L'administrador selecciona del menú principal l'opció de gestió dels dispositius • Es mostren tots els dispositius emmagatzemats en el sistema i l'acció d'esborrar per cada dispositiu • L'administrador quan acaba pot tornar a la pantalla principal o eixir de l'aplicació.
Extensions	baixa dispositiu

Cas d'ús baixa dispositiu	
Resum	Aquest cas mostra com l'administrador esborra un dispositiu
Actors	Administrador
Precondició	Haver seleccionat un dispositiu
Postcondició	El dispositiu ha sigut esborrat de la base de dades o s'ha cancel·lat
Flux principal	• L'administrador comença amb el cas d'ús Gestió de dispositius • Selecciona el dispositiu per esborrar. • L'administrador polsa el botó d'acceptar

5.2 Disseny

5.2.1 Arquitectura global del sistema

L'arquitectura del sistema en gran mesura està condicionada per ser un sistema distribuït. En el sistema està format per tres aplicacions, una aplicació que serà utilitzada per dispositius mòbils, un altra que serà un client WEB per veure on hi són els dispositius mòbils a més del manteniment de l'aplicació i la tercera serà un servei Web REST on tant el client del dispositiu mòbil com l'aplicació WEB es comunicaran en aquest servei per accedir a les dades emmagatzemades en la base de dades.

Per mostrar les diferents localitzacions dels dispositius es farà servir el servei *Google Maps*, ja que ens aporta grans avantatges de les quals podem destacar :

- Facilita la distribució: El servei de *Google Maps* disposa d'una cartografia actualitzada de tot el planeta i en alguns llocs amb una gran resolució.

- Reducció de costos: Actualment aquest servei és gratuït.

- Facilitat d'ús: Des de el punt de vista de la integració en el sistema, el API que és disposa es molt fàcil d'utilitzar.

Per facilitar les consultes referents a les localitzacions es farà servir els nous tipus de dades que ens aporta SQLSERVER 2008, en concret el tipus *geography*, amb les funcions que incorpora per tractar aquest tipus de dades.

5.2.2 Arquitectura física

L'arquitectura física pot ser flexible ja que es pot optar per una versió reduïda on els serveis Web , el servidor Web i el servidor de base de dades estiguin en un mateix servidor o per una més optima de cara a l'escalabilitat on els serveis Web hi serien en un altre servidor i també el servidor de base de dades en un altre.

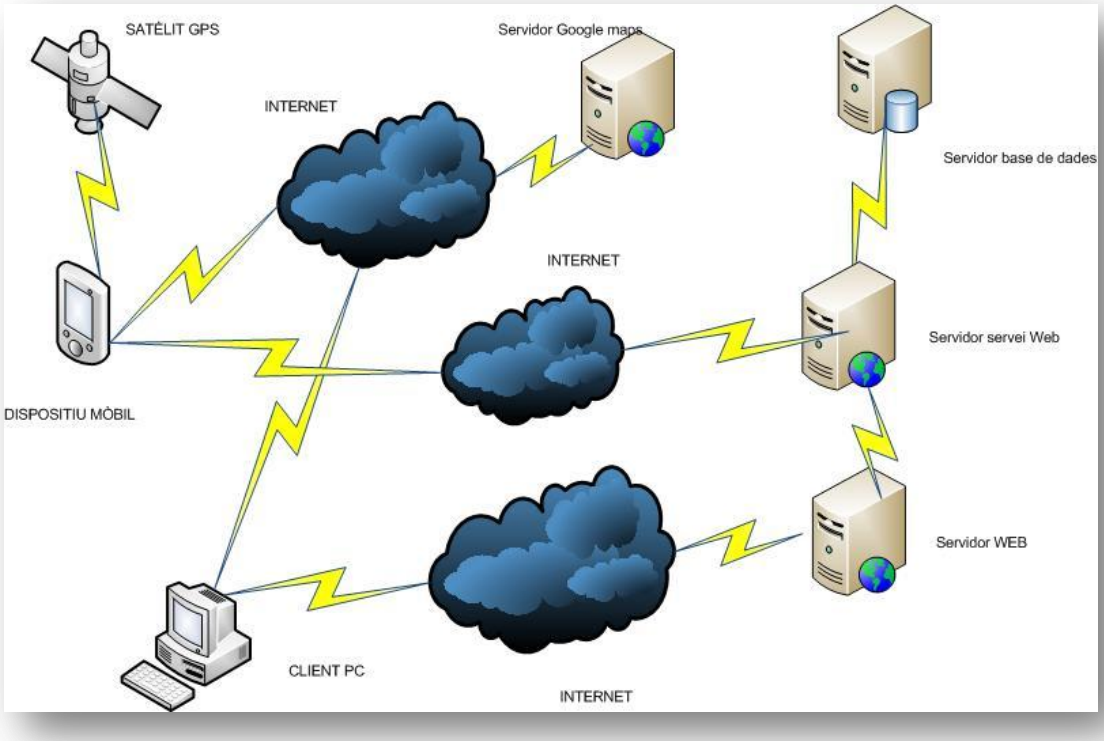


Figura 29– Arquitectura física

5.2.3 Arquitectura lògica

A partir de l'arquitectura global es creen diferents subsistemes en projectes concrets. Un primer projecte es el que implementa el client del dispositiu mòbil, un altre implementa el servei Web i per acabar, el projecte que implementa el client Web.

Aquest projectes han estat implementats a nivell lògic seguint una estructura en capes on les capes siguin desacoblades. Les capes ens aporten que les aplicacions siguin escalables, robustesa, fàcil manteniment i seguretat.

Les capes, com agrupacions horitzontals lògiques, ens ajuden a diferenciar els diferents tipus de tasques, així diferenciem les següents capes:

- Capa de presentació: Aquesta capa es comunica amb la capa de negocio i adapta les dades que rep a les característiques del client.

- Capa de negoci: Aquesta capa rep les peticions de la capa de presentació i estableix les regles que deuen complir-se. En aquest sistema no hi han regles definides de negoci.

- Capa de dades: Aquesta capa accedeix a les dades, conseqüentment rep sol·licituds d'emmagatzemat o recuperació de dades.

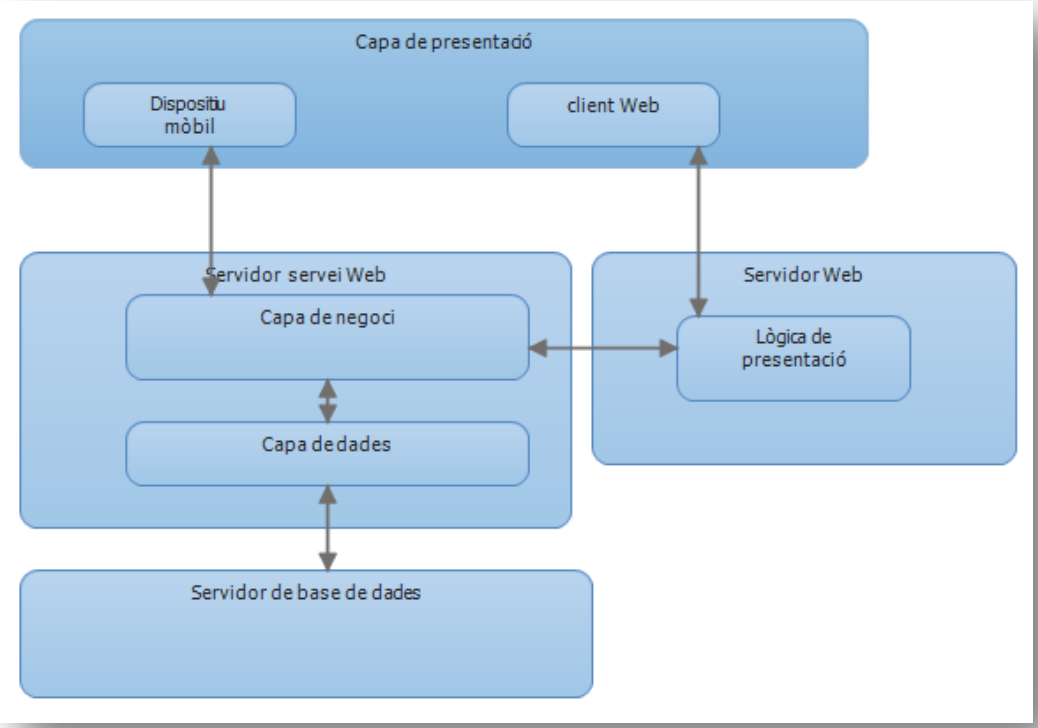


Figura 30– Arquitectura lògica

5.2.4 Arquitectura de components

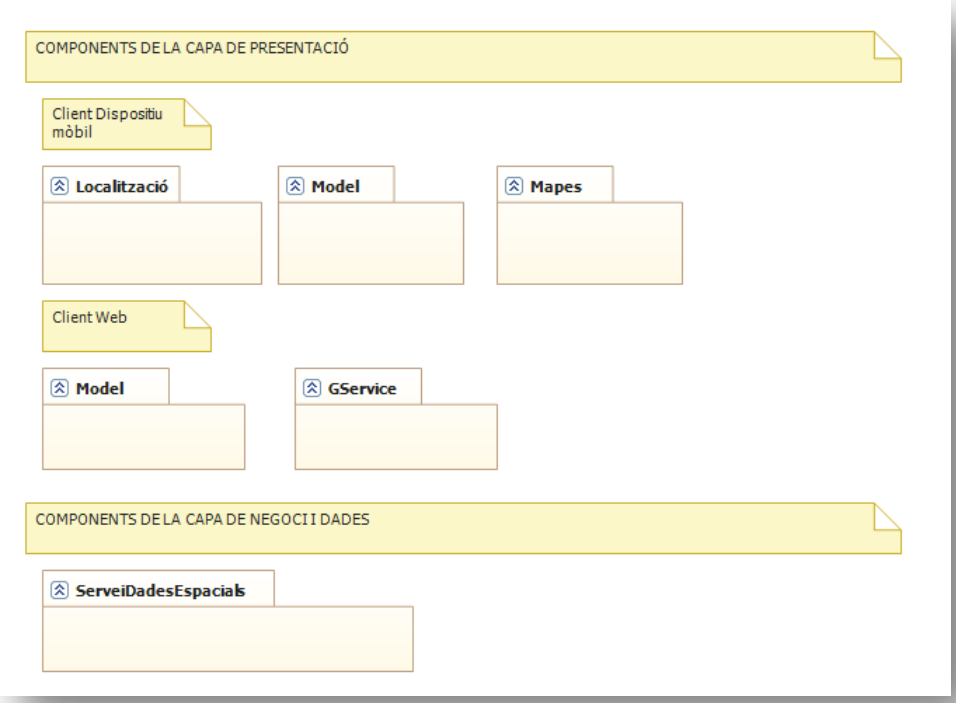


Figura 31– Arquitectura de components

Els components del projecte del dispositiu mòbil són els següents:

Localització: Les classes d'aquest component s'encarreguen de la gestió de la connexió GPS i la lectura de les coordenades per actualitzar la posició del dispositiu mòbil.

Mapes: Les classes d'aquest paquet s'encarreguen de la construcció de la URL per cridar a *Google Maps.*

Model: Les classes implementen el model de l'aplicació on hi són els objectes que fa servir, així com la interfície amb els servei Web.

Els components del projecte del client Web són els següents:

Model: Les classes implementen el model de l'aplicació on hi són els objectes que fa servir, així com la interfície amb el servei Web.

GService: Aquest component és un Servei Web que serveix per comunicar un mapa de *Google Maps* amb un control d'usuari, en el següent diagrama es mostra el funcionamet.

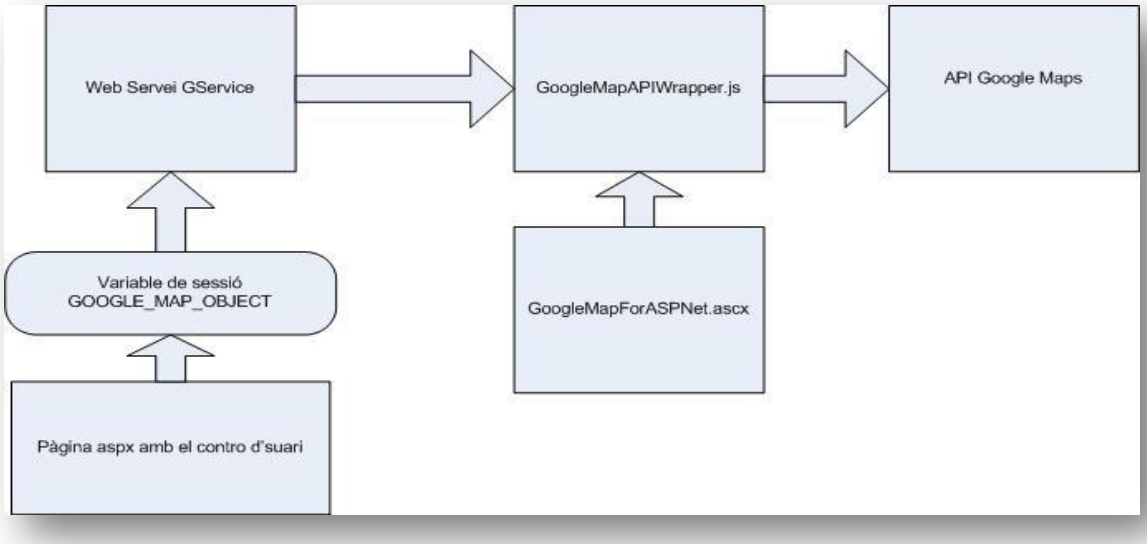


Figura 32– Funcionament del component GService

El component en la capa de dades i negoci és:

ServeiDadesEspacials: al ser una aplicació senzilla no hi ha regles per la capa de negoci, ja que tant sols es fan crides al la base de dades i aquesta torna els resultats, per conseqüent, en el mateix component s'implementa la capa de negoci i la capa de accés a dades.

5.2.5 Decisions tecnològiques

A continuació es justifiquen les decisions preses per al desenvolupament del sistema respecte a la tecnologia a aplicar en cada cas.

Llenguatge de desenvolupament

Els diversos components del sistema estan desenvolupats en la plataforma *Framework* 3.5 utilitzant el llenguatge de programació C# i com a eina de desenvolupament s'utilitzat Visual Studio 2008 en la plataforma *.NET Framework.*

SGBD

El SGBD sobre el que s'ha desenvolupat l'aplicació es Microsoft SQL Server 2008, ja que el PFC es basa en estudiar les característiques espacials de SQL Server 2008.

Sistema de comunicacions entre clients i servidor

Per a la comunicació entre client i servidor s'utilitza Un Servei Web REST. La utilització de REST aporta els següents avantatges respecte a SOAP:

- Dirigit per les especificacions HTTP, per lo tant els serveis actuen com recursos, com per exemple imatges.
- Les dades poden mantenir-se de manera estricta o desacoblada.
- Els recursos REST poden consumir-se fàcilment des de *Javascript, Ajax*..
- Els missatges són lleugers, per tant el rendiment i escalabilitat augmenta considerablement.
- REST pot utilitzar XML o JSON.

Presentació

Els components que pertanyen a la capa de presentació dels clients, s'utilitzaran diverses tecnologies en funció de la tipologia corresponent:

• En el cas de l'accés web, s'ha optat pels estàndards XHTML 1.1 i CSS 2.1 per a la composició de interfícies d'usuari , Javascript per a la programació de interaccions avançades i ASP.NET per a la lògica de presentació.
.
• Per a les aplicacions mòbils s'utilitzarà *Windows Mobile Forms* de la plataforma *.NET Compact Framework*

5.2.6 Diagrama estàtic de les classes

Els diagrames següents recullen les classes del model utilitzades en el sistema.

Client dispositiu mòbil

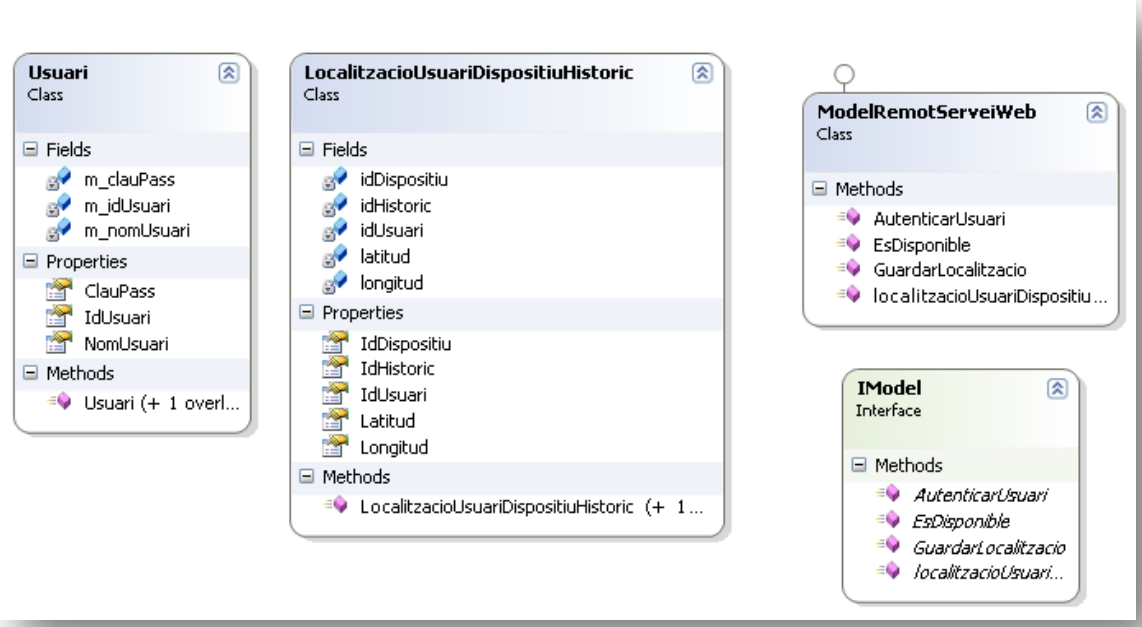


Figura 33– Diagrama estàtic de les classes del client dispositiu mòbil

- **Usuari** representa qualsevol usuari autenticat del sistema
- **LocalitzacioUsuariDispositiuHistoric** representa una localització que s'emmagatzemarà en el sistema cada cert temps.
- **ModelRemotServeiWeb** implementa els mètodes per interactuar amb la capa de negoci mitjançant el servei Web.
- **IModel** és la interfície que defineix les operacions per interactuar amb la capa de negoci.

Client Web

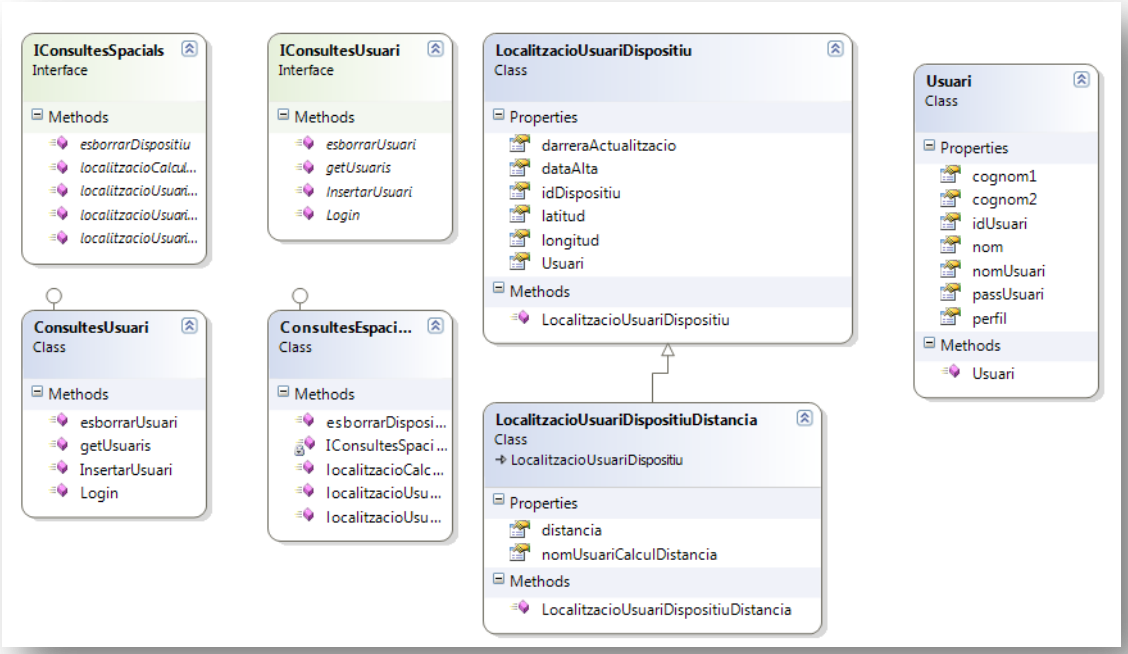


Figura 34– Diagrama estàtic de les classes del client web

- **Usuari** representa qualsevol usuari autenticat del sistema
- **LocalitzacioUsuariDispositiu** representa l'entitat dispositiu del sistema
- **LocalitzacioUsuariDispositiuDistancia** hereta de LocalitzacioUsuariDispositiu al qual se li ha afegit la distancia a un altre usuari.
- **IConsultaUsuari** és una interfície que defineix les operacions d'usuari que interactuen amb la capa de negoci.
- **ConsultaUsuari** implementa els mètodes per interactuar amb la capa de negoci mitjançant el servei Web que fan referència a l'usuari.
- **IConsultesSpacials** és una interfície que defineix les operacions de consulta que interactuen amb la capa de negoci
- **ConsultesSpacials** implementa els mètodes per interactuar amb la capa de negoci mitjançant el servei Web que fan referència a les consultes.

Servei Web

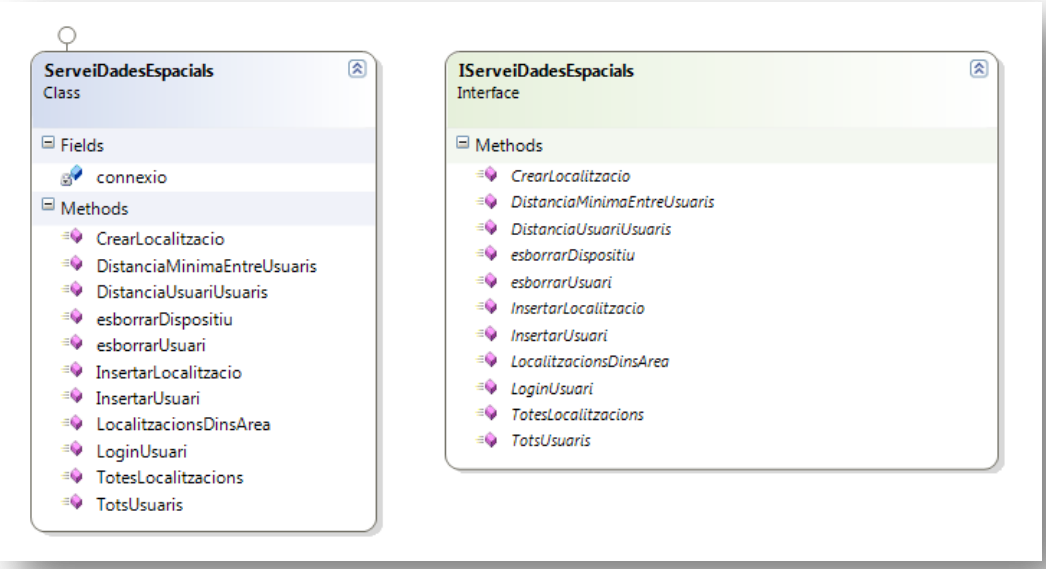


Figura 35– Diagrama estàtic de les classes del servei web

- **IServeiDadesEspacials** és una interfície que defineix les operacions del Servei Web REST.

- **ServeiDadesEspacials** aquesta classe implementa les operacions del servei Web REST.

5.2.7 diagrama de seqüència

El principal objectiu del diagrames de seqüència és mostrar les interaccions entre els objectes d'un sistema

Client mòbil

Es mostra el diagrama on l'usuari ha establert que a més del dispositiu també es mostri els dispositius dins del radi seleccionat.

1. El rellotge de l'aplicació, cada cert temps, cerca les coordenades que la classe controlador emmagatzema, ja que aquesta classe controla les coordenades que li facilita el dispositiu GPS instal·lat en el dispositiu.

2. Crida al Servei Web, mitjançant el protocol http amb les dades de les coordenades. Desprès el servei Web farà una crida a la base de dades per emmagatzemar la posició del dispositiu.

3. En tercer lloc, cercarà els dispositius que estiguin dins un radi del dispositiu mòbil fent una crida al servei Web. El servei Web farà una crida a la base de dades per cercar els dispositius i retornar-los al mètode que ha fet la crida.

4. Per acabar, el rellotge construeix la URI on el navegador del formulari principal farà la crida a *Google maps*.

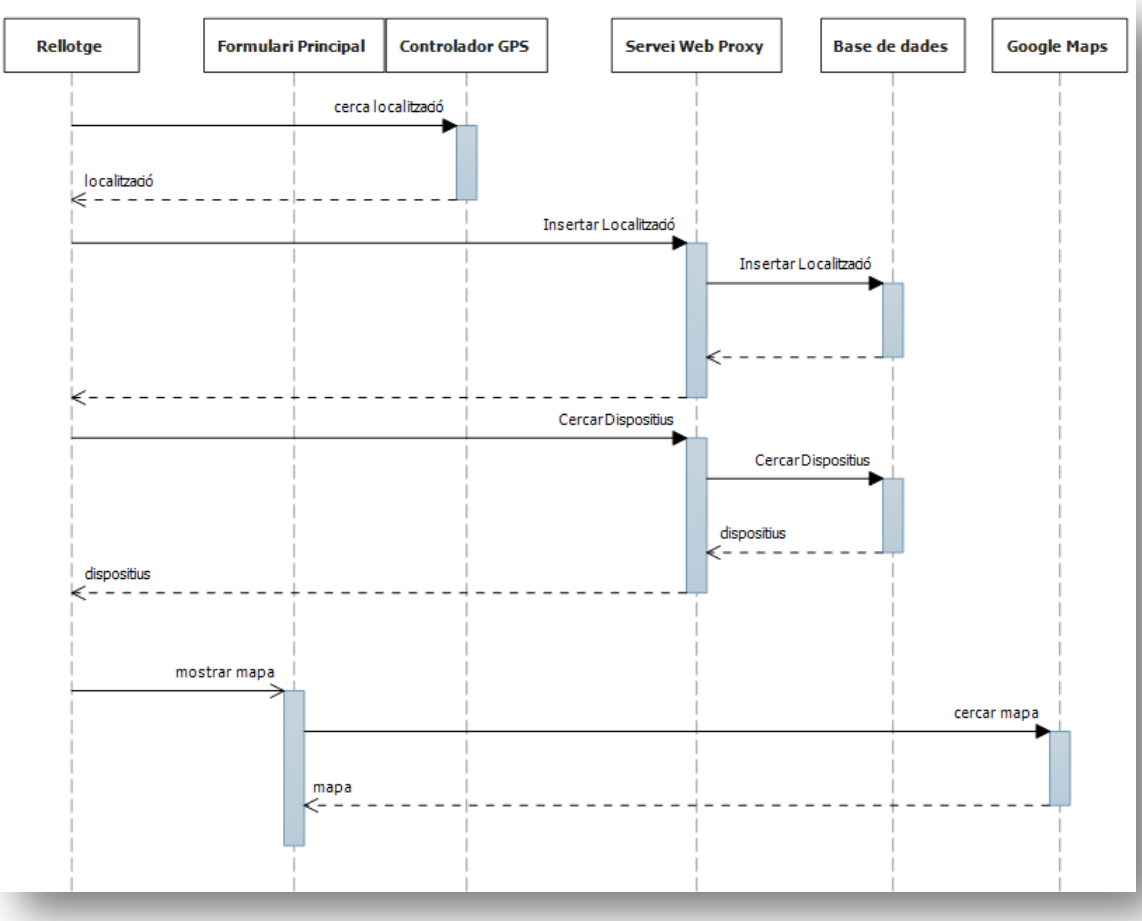


Figura 36– Diagrama de seqüència del client dispositiu mòbil

Client Web

1. En primer lloc, l'usuari s'autentica.

2. Després en el formulari de consultes tria la consulta desitjada i polsa el botó que activa la consulta. L'acció del botó provoca un crida al Servei Web i aquest li retornarà el dispositius de la cerca després de consultar la base de dades.

3. En tercer lloc, amb les coordenades dels dispositius invocarà una crida al servei de *Googla Maps* per mostrar el mapa corresponent.

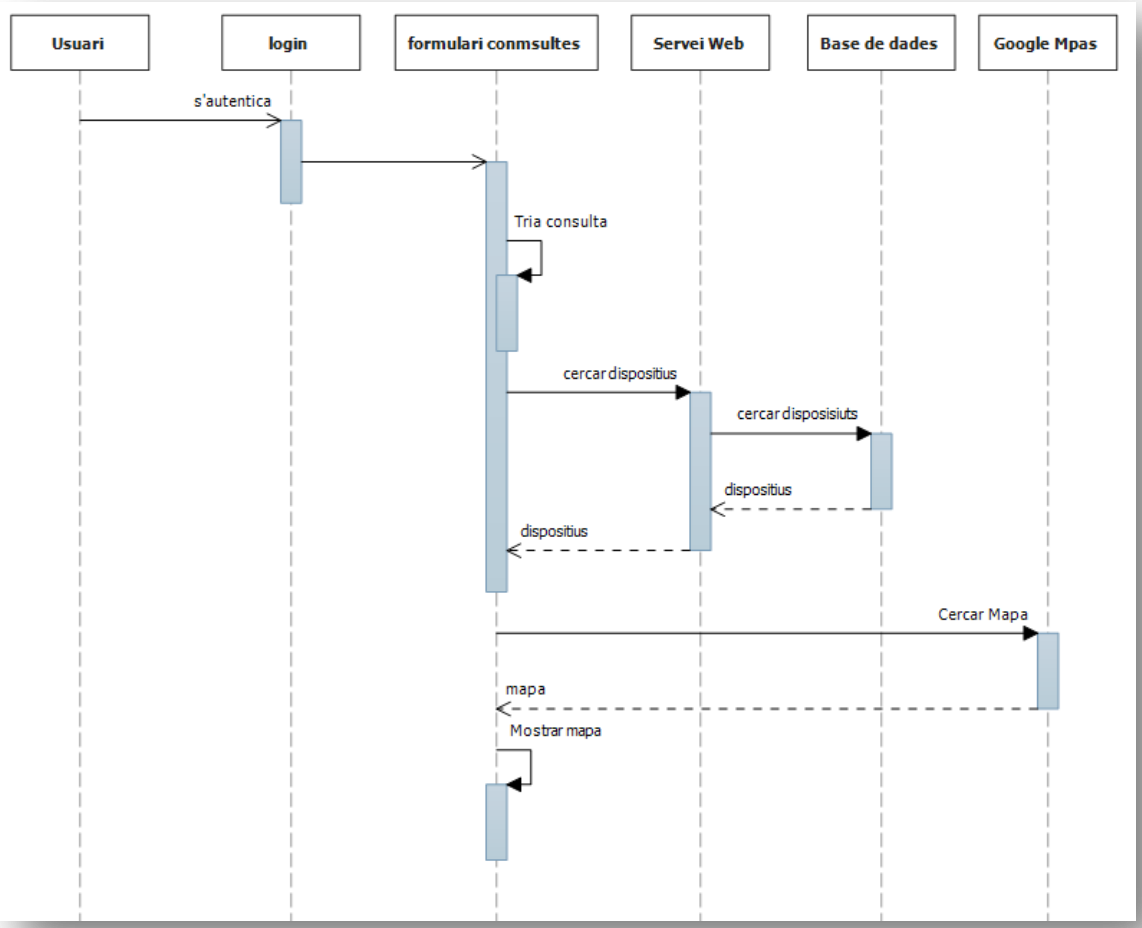


Figura 37– Diagrama de seqüència del client web

5.2.8 Disseny de la persistència

5.2.8.1 Model relacional de la base de dades

Perfils(idPerfil, perfil)

Usuaris(idUsuari,nom,cognom1,cognom2,nomUsuari,passUsuari,perfil)

perfil clau forana de **Perfils**

Dispositius (idDispositiu, idUsuari,darreraLocalitzacio,darreraActualitzacio,dataAlta)

idUsuari clau forana de **Usuaris**

HistoricLocalitzacions(idHistoric,localització, dataHora, idDispositiu, idUsuari)

5.2.8.2 Diagrama de la base de dades

La base de dades s'anomena **PFC_DadesEspacials.**

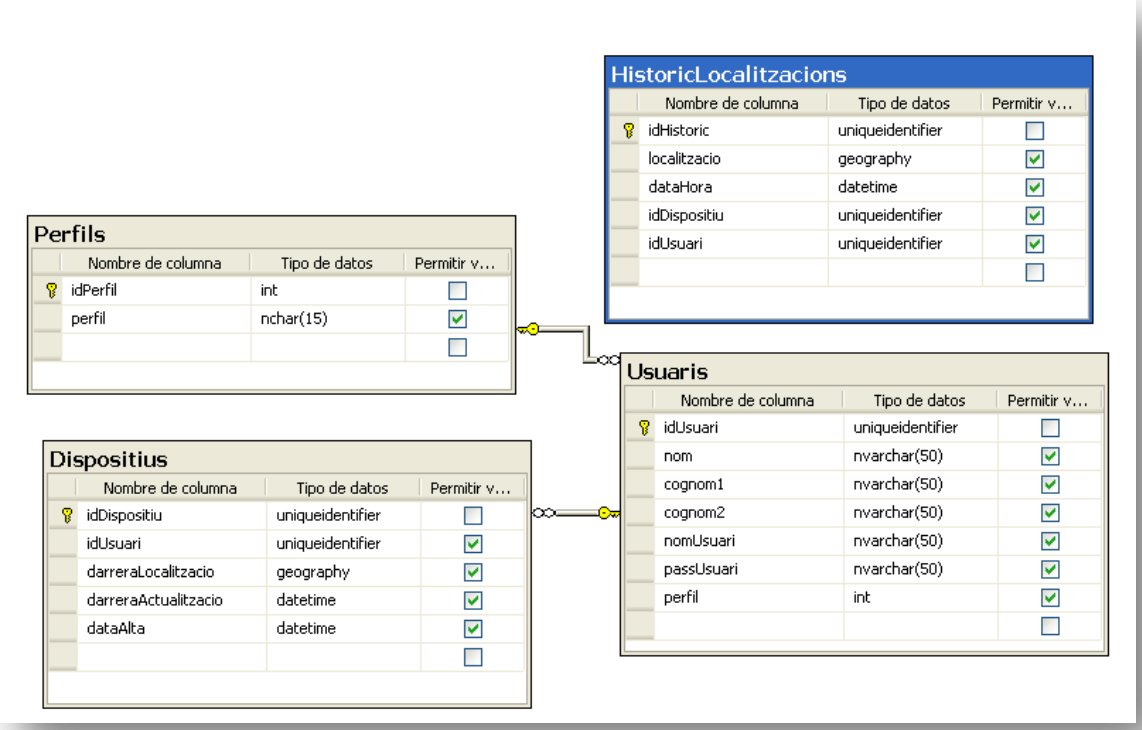


Figura 38– Diagrama de la base de dades

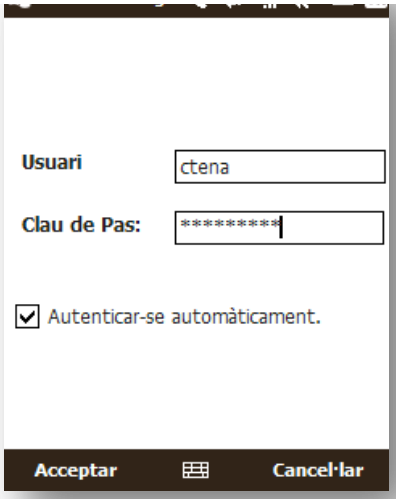
Les crides a la base de dades per part del sistema es fan mitjançant procediments emmagatzemats, així en els procediments ens serviran per demostrar les *característiques espacials de SQLServer 2008.*

5.3 Interfícies d'usuari i funcionament

<u>Client dispositiu mòbil</u>

Aquest programa s'executa en un telèfon mòbil o PDA on el sistema operatiu sigui *Windows Mobile 6* o superior .

Figura 39– Dispositiu mòbil amb Windows Mobile

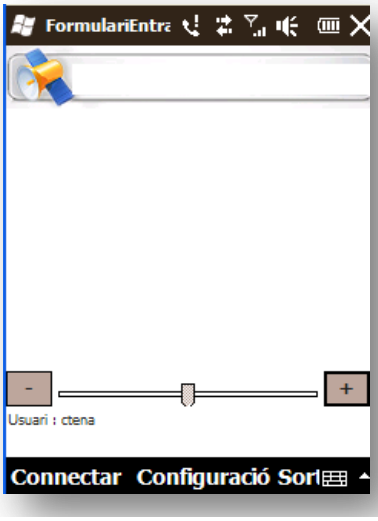


Inici

El primer cop que l'aplicació comença apareix la pantalla per autenticar l'usuari en el sistema. Si marquen autenticar-se automàticament, les dades de l'usuari s'emmagatzemaran en el registre, per tant, la propera vegada s'autenticarà automàticament.

També la primera vegada que s'utilitza el dispositiu, després d'autenticar-se amb un usuari vàlid és crea un identificador únic per el dispositiu que també s'emmagatzema al registre. Així quan emmagatzema les dades el primer cop en la base de dades si el dispositiu no existeix el crea.

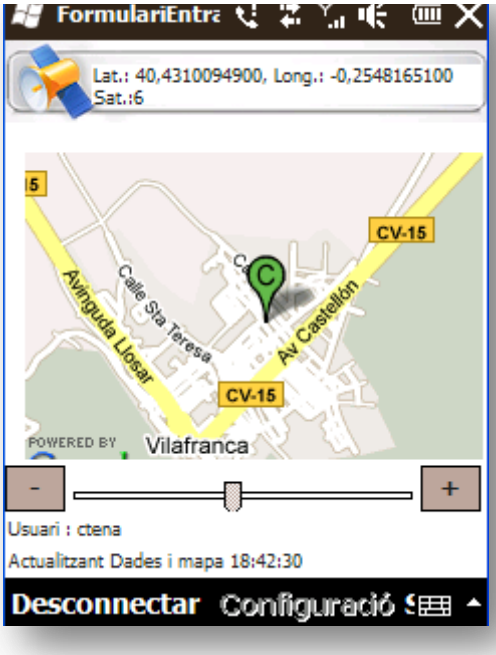
Figura 40– Pantalla d'autenticació dispositiu mòbil



Opció connectar

Al escollir l'opció de Connectar, s'inicia un procés de cerca dels satèl·lits GPS.

Figura 41– Pantalla principal dispositiu mòbil



Un cop la PDA s'ha connectat als satèl·lits, localitza les coordenades de la ubicació on estem ubicats, mostrant les coordenades latitud, longitud i el nombre de satèl·lits .

El primer cop que el dispositiu localitza les coordenades actualitza la posició en la base de dades, mitjançant el servei Web REST, actualitza el mapa amb les coordenades i comença un rellotge on cada 60 segons actualitza la base de dades i el mapa amb la posició del dispositiu.

A la part inferior es mostra l'usuari i la hora en que s'han actualitzat les dades i el mapa. També hi ha

dues botons de zoom on podem ampliar o disminuir la imatge del mapa.

Opció configuració

Amb aquesta opció poden tornar a autenticar-nos o co Figura 42– Pantalla amb ubicació del dispositiu altres dispositius dins un àrea circular on el centre serà les coordenades del dispositiu i el radi serà el seleccionat.

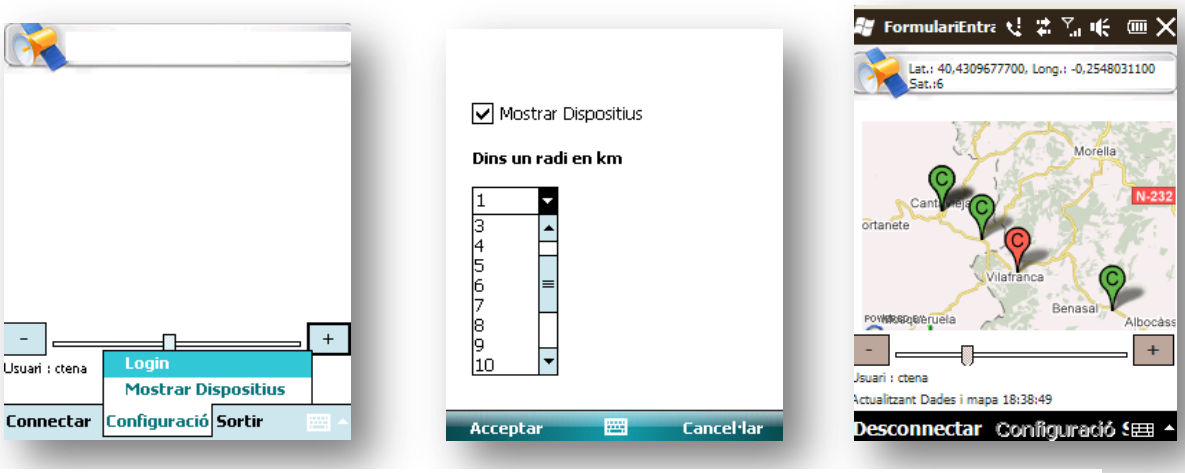


Figura 43– Pantalles per configurar mostrar els dispositius que estiguin dins un radi

Si hem seleccionat mostrar dispositius que estiguin dins un radi determinat la pantalla principal mostra en el mapa amb els dispositius que ho compleixen, mostrant la marca del dispositiu de l'aplicació en color vermell.

.

Client dispositiu Web

Inici

Per tal d'accedir a aquest programa és necessària la identificació d'usuari de l'aplicació, si les dades introduïdes són correctes podrem accedir a la següent pantalla, en cas contrari ens indicarà la identificació és incorrecte.

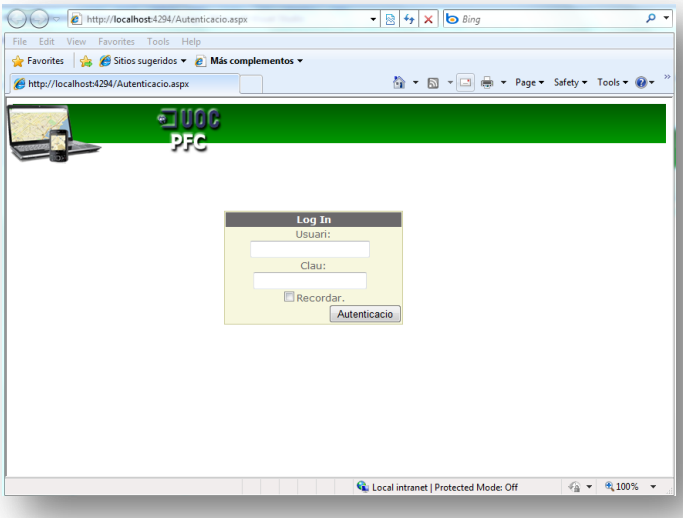


Figura 44– Pantalla autenticació client web

Pàgina de consultes

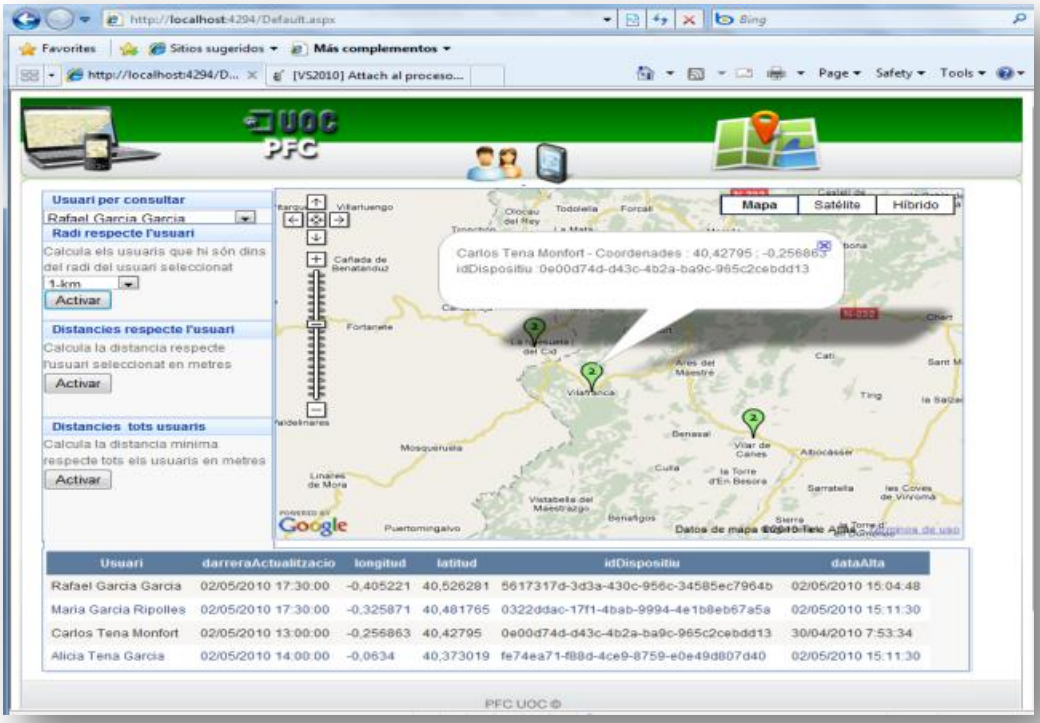


Figura 45– Pantalla de consultes client web

En aquesta pàgina està dividida en tres seccions visibles. En la part superior ens mostra, a la part dreta un mapa amb les ubicacions dels usuaris i dispositius i en la part de la esquerra les opcions de consulta. En la part inferior hi ha una graella que mostra els usuaris i dispositius amb informació més detallada. les diferents consultes que hi ha són les següents:

<u>Radi respecte l'usuari seleccionat</u>

Aquesta consulta mostra els usuaris que estiguin dins l'àrea d'un cercle on el centre és l'usuari seleccionat i el radi és el que hi ha seleccionat. En aquesta consulta per facilitar l'àrea es pinta aquesta amb un altre color.

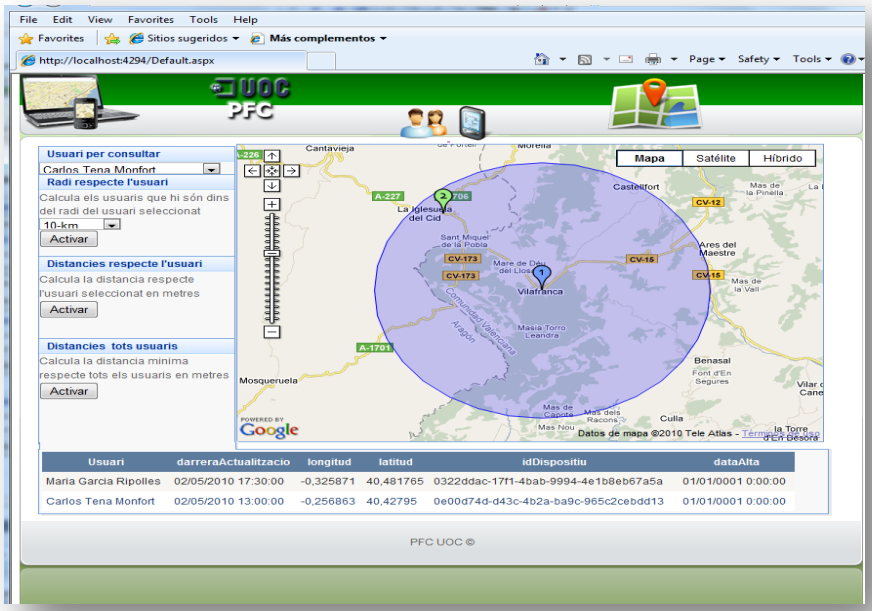


Figura 46– Pantalla que mostra el resultat de la consulta radi respecte l'usuari seleccionat

<u>Distancia respecte l'usuari seleccionat</u>

En aquesta consulta mostra la distancia de tots els usuaris respecte a l'usuari seleccionat.

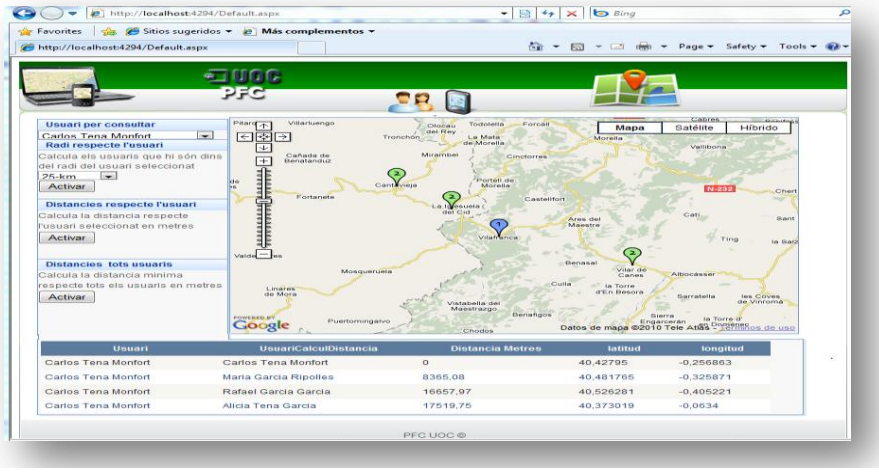


Figura 47– Pantalla que mostra el resultat de la consulta distancia respecte l'usuari seleccionat

<u>Distancia mínima entre tots els usuaris</u>

En aquesta consulta es mostra en la graella per cada usuari l'usuari que té més prop i la distancia en metres que els separa.

Manteniment d'usuaris

En aquesta pantalla es porta a terme el manteniment d'usuaris. L'opció de botó

es crea un nou usuari. Amb el hipervincle Editar permet editar l'usuari i amb el hipervincle Esborrar permet esborrar l'usuari.

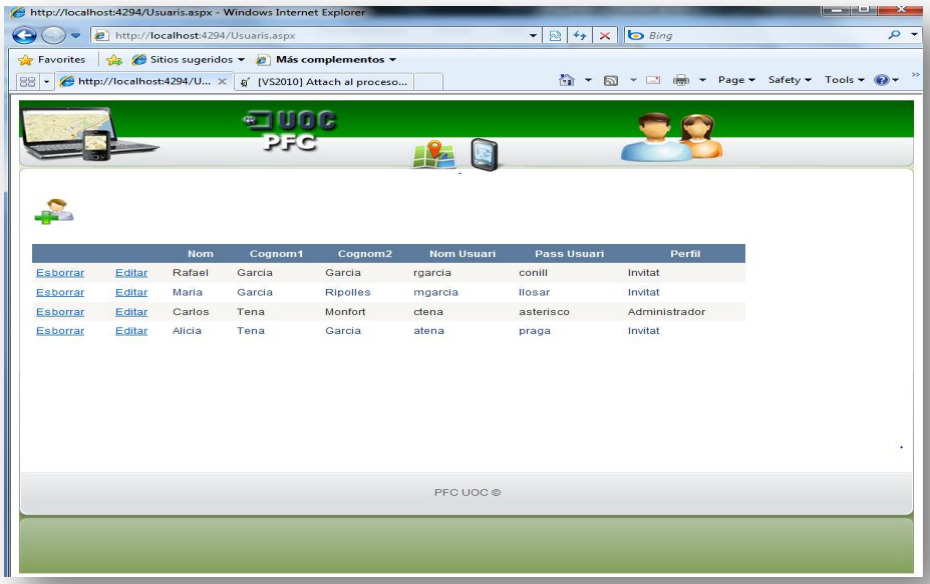


Figura 48– Pantalla de manteniment d'usuaris

Manteniment dispositius

Amb aquesta pantalla permet fer el manteniment dels dispositius. En aquest cas sols es contempla l'esborrament ja que per donar-los d'alta es porta a terme quan un usuari autoritzat comença l'aplicació del client mòbil en un nou dispositiu, aquest es dona d'alta en la primera actualització de la seva posició.

6 Conclusions

Les conclusions obtingudes del estudi dels nous tipus de dades espacials en SQL Server 2008 són les següents:

- Cada cop és més necessària la utilització i gestió de dades espacials en moltes solucions informàtiques. Per il·lustrar millor el que ens aporta treballar amb dades espacials utilitzarem un exemple on hi hagi la necessitat de treballar amb clients. Les dades espacials són útils en aquest cas perquè cada client té una adreça. Se solen considerar d'adreces de carrer, ciutat, estat, país i codi postal, però una adreça és un punt de la terra i també pot representar-se com un parell latitud / longitud. Saber on resideix un client com latitud / longitud permet respondre a preguntes com:
    - El venedor es troba més a prop al client?
    - Quants clients té la companyia dins d'un radi de 10 quilòmetres?
    - Quants clients viuen a més de 2 quilòmetres a una de sucursal?

Aquestes preguntes sense utilitzar dades espacials es farien amb molta dificultat.

- En la actualitat hi ha una sèrie de serveis en línea que ens proporcionen *geocoding* (el procés de convertir una adreça en un parell latitud / longitud). Aquestos serveis els més importants són: *Google Earth, Virtual Earth* i *MapPoint .A* més, la proliferació de dispositius mòbils amb antenes GPS, ha fet que moltes aplicacions mòbils utilitzen els serveis en línea per la localització i en conseqüència la manipulació de dades espacials.

- SQL Server 2008 inclou dos tipus de dades necessàries per emmagatzemar dades espacials: *geometry* i *geography*. Tots dos tipus de dades s'implementen utilitzant l'arquitectura de. NET per tipus definits per l'usuari, el que significa que poden tenir propietats i mètodes

- SQL Server 2008 conté funcions espacials que ens ajuden per la manipulació de la informació espacial. Per exemple, per contestar les preguntes formulades abans on tenim una taula client que hi és el camp localització de tipus *geography*, així, els mètodes a utilitzar per contestar la pregunta quants clients té la companya dins un radi de 10 quilòmetres serien *STBuffer i STIntersects*.

- Els SGBD analitzats segueixen l'especificació del Consorci Open GIS (OGC). A més, com a mínim, defineixen dues formes estàndard d'expressar els objectes espacials: WKT i WKB.

- En la majoria de SGBD per la indexació es basen en *R-Tree*, a diferencia de SQLServer, que fa servit *B-Tree* adaptat a les dades espacials.

7. Treballs futurs

SqlServer 2008 per poder competir amb les SGBD més avançades caldrà que incorpori més funcionalitats, ja que en alguns apartats està per sota de les més avançades com funcionalitats de suport topològic, de xarxes i de referència lineal.

La manca de suport a les figures de 3 dimensions (sòlids) resta funcionalitat per treballar amb aplicacions que utilitzen la modelització urbana, CAD/CAM, realitat virtual i imatges mèdiques. Per tant, en pròximes versions hi haurà que donar-li suport.

També seria desitjable el poder emmagatzemar objectes espacials utilitzant imatges en lloc de punts, línees i vèrtex, en definitiva suport per a *Raster* .

8. Referències

Llibres

- **Accelerated SQL Server 2008**
  Robert E. Walters.
  Apress.

- **Expert SQL Server 2008**
  Alastair Aitchison, Adam Machanic
  Apress

- Mastering SQL Server 2008
  Michael Lee, Gentry Bieker
  SYBEX

- Pro SQL Server 2008 Relation DataBase Design and implementation
  Louis Davison
  Apress

- Pro Oracle Spatial for Oracle Database 11g
  Ravi Kothuri, Albert Godfrind, Euro Beinat
  Apress

En línea

- http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb933876.aspx
  (llibre en línea de SQL Server 2008)

- http://www.oracle.com/technology/products/spatial/index.html
  (pàgina oficial de Oracle Spatial 11g)

- http://postgis.refractions.net/
  (pàgina oficial de PostGis)

- http://postgis.refractions.net/files/OSDB2_PostGIS_Presentation.pdf
  (diapositives en línea de PostGis)

- http://www-01.ibm.com/software/data/spatial/
  (pàgina oficial de DB2 Spatial Extender i DB2 Geodetic Extender)

- ftp://ftp.software.ibm.com/software/data/pubs/brochures/spatial.pdf
  (llibre en línea de IBM DB2 Spatial Extender)

- http://dev.mysql.com/tech-resources/articles/4.1/gis-with-mysql.html
  (pàgina oficial de MySql Spatial Extensions)