
This is the **published version** of the article:

Bergadà Bofill, Francesc; Ferrero Beato, Ignacio. Sistema d'informació geogràfica per a la gestió, consulta i visualització de les estacions meteorològiques de Catalunya. 2019. 97 p.

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/214381>

under the terms of the  license

MEMÒRIA PROJECTE FINAL

**SISTEMA D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA PER A LA GESTIÓ,
CONSULTA I VISUALITZACIÓ DE LES ESTACIONS
METEOROLÒGIQUES DE CATALUNYA**



Autor: Francesc Bergadà Bofill

Tutor: Ignacio Ferrero (LIGIT)

2018 - 2019

Resum

Aquest treball té per objecte la implementació d'un Sistema d'Informació Geogràfica per a la gestió, consulta i visualització de les estacions meteorològiques de Catalunya. El sistema d'informació és basa en una arquitectura de tres nivells funcionals: el primer nivell és el de les dades, on s'emmagatzema la informació temàtica i geomètrica de les entitats que conformen el SIG; al segon nivell s'hi processen les dades i es tracten per estructurar-les de manera homogènia i, el tercer nivell és el d'interacció amb l'usuari mitjançant l'aplicació web. Aquest projecte s'ha desenvolupat utilitzant íntegrament software open source, amb l'objectiu d'implementar un SIG amb el menor cost possible.

Paraules clau: Sistema d'Informació Geogràfica, base de dades espacial, disseny lògic, aplicació web, open source.

Resumen

Este trabajo tiene por objeto la implementación de un Sistema de Información Geográfica para la gestión, consulta y visualización de las estaciones meteorológicas de Catalunya. El sistema de información se basa en una arquitectura de tres niveles funcionales: el primer nivel es el de los datos, donde se almacena la información temática y geométrica de las entidades que componen el SIG; en el segundo nivel se procesan los datos y se tratan para estructurarlos de manera homogénea y el tercer nivel es el de interacción con el usuario mediante la aplicación web. Este proyecto se ha desarrollado utilizando íntegramente software open source, con el objetivo de implementar un SIG con el menor coste posible.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica, base de datos espacial, diseño lógico, aplicación web, open source

Abstract

This work has for object the implementation of a Geographic Information System for the management, query and visualization the meteorological stations of Catalunya. The geographical information system was based on architecture of three functional levels: the first level is the one of the data, where stores the thematic and geometrical information of the entities that form the GIS; in the second level They are processed the data and treat to structure them of uniform way and the third level is the of interaction with the user by means of the application web. This project has been developed using entirely open source software, with the aim of implementing a GIS with the lowest possible cost.

Key words: Geographical Information System, spatial database, logical design, web application, open source.

TAULA DE CONTINGUTS

ÍNDIX DE FIGURES	1
ÍNDIX D'IMATGES	3
1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. Els Sistemes d'Informació Geogràfica	4
1.2. El projecte	5
1.3. Estat de la qüestió.....	6
2. DEFINICIÓ DEL SISTEMA D'INFORMACIÓ	7
2.1. Finalitat	7
2.2. Objectius	7
2.3. Continguts	9
2.3.1. Informació general.....	10
2.3.2. Sensors meteorològics.....	11
2.3.3. Components tècnics.....	16
2.3.4. Rutes.....	20
2.4. Requeriments.....	21
2.5. Funcionalitat.....	22
2.6. Arquitectura	22
2.7. Solució tecnològica	24
3. DISSENY DE LA BASE DE DADES DEL SISTEMA D'INFORMACIÓ	27
3.1. Disseny conceptual de la BD	27
3.2. Disseny lògic de la BD	28
3.3. Implementació de la base de dades	29
3.4. Elaboració de les dades	31
3.5. Càrrega de dades	34
4. DISSENY DE L'APLICACIÓ WEB DEL SISTEMA D'INFORMACIÓ	35
4.1. Definició.....	35
4.2. Anàlisi de requeriments	36
4.3. Disseny funcional	37
4.4. Software utilitzat	39
4.5. Càrrega de dades	42
4.6. Implementació de l'aplicació	47

4.6.1. Estacions meteorològiques.....	49
4.6.2. Rutes òptimes.....	55
4.6.3. Consultes per selecció.....	61
4.6.4. Plugins i controls interactius.....	66
5. PRESENTACIÓ DELS RESULTATS.....	69
5.1. Casos d'ús	71
6. MANUAL D'INSTAL·LACIÓ.....	77
7. CONCLUSIONS	78
8. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	79
9. ANNEXOS.....	82

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 2.1 Contingut del SIG.....	6
Figura 2.2. Dades de les estacions meteorològiques . La data de baixa (*) només apareix si l'estació està desmantellada.....	17
Figura 2.3. Càlcul de rutes entre estacions.....	17
Figura 2.4. Requeriments del SIG.....	18
Figura 2.5. Nivells funcionals del SIG.....	19
Figura 2.6. Arquitectura del SIG.....	20
Figura 2.7. Base tecnològica del SIG.....	21
Figura 2.8. Base tecnològica de cada nivell funcional del SIG.....	23
Figura 4.1. Disseny funcional del visor web	35
Figura 4.2. Logos dels softwares utilitzats.....	36
Figura 4.3. Codi utilitzat per carregar la capa d'estacions meteorològiques al mapa web.....	41
Figura 4.4. Codi utilitzat per indicar el contenidor on es mostraran les dades de les estacions.....	41
Figura 4.5. Codi per afegir capes al mapa.....	42
Figura 4.6. Codi per començar a generar un mapa amb Leaflet.....	43
Figura 4.7. Directori on es trona instal·lat Java.....	44
Figura 4.8. Directoris dins d'Apache Tomcat.....	44
Figura 4.9. Directori on s'ha de desar l'arxiu content.ftl	45
Figura 4.10. Arxius i carpetes que s'hauran generat al finalitzar l'aplicació de les estacions meteorològiques.....	45
Figura 4.11. Llenguatge FTL per mostrar la informació general de les estacions.....	47
Figura 4.12. Codi FTL per obtenir valors de la capa d'estacions meteorològiques.....	47
Figura 4.13. Codi FTL per aplicar condicions a la consulta de dades.....	48
Figura 4.14. Interacció entre els diferents arxius de l'aplicació web.....	48

Figura 4.15. Els noms dels sensors i dels components definits a l'arxiu <i>content.ftl</i> són els botons que activen la funció que genera la consulta JSP a la base de dades del sistema d'informació geogràfica.....	49
Figura 4.16. Funcions per obtenir els registres de la base de dades.....	49
Figura 4.17. Directori on s'ha de desar el driver.....	50
Figura 4.18. Definició dels paràmetres de connexió JSP a la base de dades.....	50
Figura 4.19. Procés de consulta de les especificacions tècniques de les estacions meteorològiques.....	51
Figura 4.20. Generació del llistats d'estacions que actua com a origen i destí de les rutes.....	52
Figura 4.21. Programació del mètode \$.ajax.....	55
Figura 4.22. Dades que conté el GeoJSON de la ruta.....	55
Figura 4.23. Codi per obtenir el temps i la distància.....	56
Figura 4.24. Codi que permet mostrar les direccions a la interfície d'usuari.....	56
Figura 4.25. Codi escrit dins la funció <i>filter</i> per aplicar el filtre a la capa GeoJSON.....	59
Figura 4.26. Codi escrit dins la funció <i>filter</i> per aplicar el filtre a la capa WMS.....	60
Figura 4.27. Paràmetres de la funció <i>filter</i>	60
Figura 4.28. Procés d'aplicació de la funció <i>filter</i>	61
Figura 4.29. Arxius declarats a <i>index.html</i> que serveixen dades a l'aplicació.....	63
Figura 4.30. Codi Javascript per afegir capes GeoJSON al mapa.....	64
Figura 4.31. Codi Javascript per afegir el control <i>search</i> a l'aplicació web.....	65
Figura 5.1. Consulta dels atributs temàtics d'una entitat del mapa.....	70

ÍNDIX D'IMATGES

Imatge 3.1. Interfície gràfica de pgAdmin 3.....	27
Imatge 3.2. Taula resultant de la unió relacional.....	28
Imatge 3.3. Generació dels codis únics de tots els objectes de la taula resultant de la unió relacional.....	30
Imatge 3.4. Taula resultant del JOIN LEFT.....	31
Imatge 4.1. Amb la imatge aèria es pot localitzar fàcilment la ubicació de l'estació.....	34
Imatge 4.2. Simbolització de les estacions meteorològiques.....	40
Imatge 4.3. Consulta de les dades de les estacions meteorològiques a Geoserver.....	42
Imatge 4.4. Llistat d'estacions obtingut amb la consulta JSP mitjançant el mètode getObject..	53
Imatge 4.5. Vista de l'eina per planificar rutes.....	57
Imatge 5.1. A la pàgina anterior, aspecte del visor web al iniciar l'aplicació i, vista del mateix en funcionament.....	67
Imatge 5.2. Visualització de les estacions en un entorn interactiu.....	68
Imatge 5.3. Georeferenciació mitjançant la denominació de les estacions.....	69
Figura 5.4. Càlcul de rutes entre estacions.....	71
Figura 5.5. Consultes per selecció. A la pàgina anterior, selecció per localització i, en aquesta selecció per atribut.....	73

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Els Sistemes d'Informació Geogràfica

En aquest document es presenta el procés d'implementació del Sistema d'Informació Geogràfica per a la gestió, consulta i visualització de les estacions meteorològiques de Catalunya, des de la definició inicial del SIG fins al desenvolupament de l'aplicació web que ha de servir de plataforma per a la representació de les dades espacials de la xarxa d'estacions meteorològiques.

Un Sistema d'Informació Geogràfica (SIG) és un sistema informàtic format per hardware, software, dades i usuaris, que permet emmagatzemar, editar, manipular i visualitzar informació geoespacial, entenent aquesta com la forma geomètrica i la posició geogràfica de qualsevol entitat o fenomen que tingui lloc a la superfície terrestre. Aquesta tecnologia resulta molt útil en la gestió dels recursos naturals i de les infraestructures del territori, així com en molts altres casos relacionats amb la gestió de l'entorn.

Tot Sistema d'Informació Geogràfica és caracteritzat per l'organització temàtica i espacial de les dades, que permet una millor integració d'aquestes i millora la capacitat d'anàlisi de la informació, que és la base d'un SIG. Les dades sobre les que reposa el sistema d'informació es troben emmagatzemades en una base de dades espacial, o geobase de dades, que conté tant el component espacial de la informació geogràfica com els seus atributs alfanumèrics, organitzat tot en una estructura coherent. Per tal de poder emmagatzemar la geometria i la topologia dels elements espacials com un atribut més d'una taula cal incorporar el coneixement espacial que ofereixen els sistemes de gestió de bases de dades relacionals orientats a objectes, que permeten establir interrelacions entre dades i objectes.

Els elements espacials (geometria) i les dades temàtiques (atributs) d'un SIG es presenten en una interfície d'usuari per a la visualització, la consulta i l'edició de la informació geogràfica. Les interfícies d'usuari més comuns en un SIG són les aplicacions web, el programari d'escriptori i les aplicacions per a dispositius mòbils. Els diferents tipus de programari SIG ofereixen un ventall de diferents funcionalitats, ja que un SIG d'escriptori sempre permetrà més operacions d'anàlisi que un SIG web de servidor de mapes o una aplicació de SIG per a mòbil, més àgils en la consulta i visualització de dades.

En definitiva, la funcionalitat d'un Sistema d'Informació Geogràfica és basada en operacions de gestió de dades, de producció de resultats a partir d'aquestes dades o mitjançant la modificació i manipulació de les mateixes i, la presentació dels resultats per a la seva visualització i gestió.

1.2. El projecte

En el present document s'exposa el procés d'elaboració del projecte final de màster en Geoinformació, al mateix temps que es defineix la metodologia utilitzada en el desenvolupament del Sistema d'Informació Geogràfica. L'objectiu de la memòria és triple:

Documentar les tasques realitzades durant el període de realització del projecte i els passos que s'han seguit en les diferents fases de desenvolupament del SIG.

Servir de guia per a la implantació i el manteniment d'un SIG.

Servir de manual d'ús de l'aplicació web per als diferents usuaris.

Aquest projecte s'ha realitzat en col·laboració amb una empresa del sector de l'enginyeria ambiental especialitzada en el desenvolupament de solucions tecnològiques per al control, gestió i monitorització de dades meteorològiques. En el present document no apareixerà ni el nom ni cap altra informació sobre la companyia en qüestió, ja que es tracta d'informació confidencial, així com tampoc les dades exactes de cada estació meteorològica. Les dades de les estacions meteorològiques són reals, però per a poder presentar aquest projecte al públic s'han hagut de canviar algunes especificacions per tal de mantenir la confidencialitat desitjada per l'empresa.

La Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques de Catalunya consta d'un total de 189 estacions operatives i 41 estacions desmantellades. Les estacions meteorològiques són propietat del Servei Meteorològic de la Generalitat de Catalunya. En aquest projecte no s'analitzen les dades meteorològiques que s'obtenen de les estacions, com per exemple la temperatura, humitat relativa, velocitat del vent o radiació solar, sinó que es pretén crear una eina que sigui útil per als operaris de l'empresa que gestiona les estacions i realitza el manteniment de les instal·lacions. Les dades que estructuraven aquest Sistema d'Informació Geogràfica fan referència als components tècnics i als diferents tipus de sensors meteorològics que conformen una estació meteorològica.

El Sistema d'Informació Geogràfica per a la gestió, consulta i visualització de les estacions meteorològiques s'ha desenvolupat utilitzant només software "open source", és a dir, software publicat sota llicència de codi obert o que forma part del domini públic. Aquest és un aspecte important per a l'autor d'aquest treball, ja que un objectiu paral·lel ha estat poder desenvolupar un sistema d'informació amb una arquitectura de tres nivells funcionals utilitzant només software amb llicència de codi obert, reduint així notòriament els costos i la inversió que hauria de realitzar l'empresa en el moment d'implementar el SIG.

1.3. Estat de la qüestió

Aquest projecte s'emmarca dins l'àmbit del desenvolupament i implantació dels Sistemes d'Informació Geogràfica per a la gestió, planificació i anàlisi de les diferents activitats que es puguin desenvolupar en un territori. Els SIG són eines que permeten emmagatzemar, editar, manipular i visualitzar tot tipus d'informació geoespacial, sent de gran utilitat en analitzar la distribució territorial de qualsevol fenomen i/o entitat a la superfície terrestre i la relació que mantenen entre sí.

L'ús de les noves tecnologies i la constant evolució en la generació i distribució de dades geoespacionals ha permès l'aparició d'una nova manera de compartir la informació mitjançant mapes, aplicacions i serveis SIG web destinats a tot tipus d'usuaris i a l'abast del públic general. Aquesta nova manera de compartir i de consumir informació ha generat la necessitat de canviar i modernitzar el tractament i l'ús de les dades de que disposa qualsevol entitat, empresa o institució, ja sigui per al seu ús intern o per a distribuir-les i compartir-les.

Els Sistemes d'Informació Geogràfica poden integrar bases de dades espacionals, fet que els hi dóna una gran importància i rellevància, ja que poden administrar grans volums de dades i processar-los de manera eficient i senzilla. Poder integrar la gestió de dades, les funcions de geoprocés i la interfície d'usuari en un mateix sistema informàtic fa que els SIG siguin eines imprescindibles per analitzar i gestionar tot tipus de fenòmens i entitats geogràfiques.

Aquest projecte pretén integrar en una mateixa aplicació tota la informació relativa a la composició de les instal·lacions meteorològiques de que disposa l'empresa. S'ha elaborat una base de dades per emmagatzemar i estructurar la informació de totes les estacions de manera homogènia, compacta i independent, el que permet actualitzar i modificar la base de dades sense que afecti la integritat de l'aplicació. La interfície d'usuari del SIG permet visualitzar i consultar la distribució territorial de les estacions i la seva composició tècnica, ja que mitjançant consultes a la base de dades s'obtenen les dades dels components de cada entitat. Aquestes consultes a la base de dades es realitzen mitjançant tecnologies per a la programació web que faciliten el desenvolupament d'aplicacions a Internet.

L'aplicació d'aquesta i altra tecnologia ha de permetre substituir l'actual eina amb que treballen els operaris de l'empresa que gestiona les estacions meteorològiques, basada en fulls de dades que els tècnics han d'omplir ha cada revisió amb les dades dels components i les seves modificacions. Agregar el càlcul de rutes entre les diferents instal·lacions a la mateixa aplicació ha de servir per integrar en una sola eina totes les funcions necessàries perquè els operaris puguin desenvolupar la seva feina d'una manera senzilla i eficient.

2. DEFINICIÓ DEL SISTEMA D'INFORMACIÓ

2.1. Finalitat

El SIG per a la gestió de les estacions meteorològiques de Catalunya pretén ser una eina útil per als operaris de l'empresa, amb la idea de poder facilitar la feina i millorar les tasques dels tècnics que treballen a les estacions. Poder simplificar tasques de consulta, de visualització o de planificació de rutes ha de permetre millorar l'eficiència i el rendiment en la gestió i el manteniment de les instal·lacions meteorològiques i de tots els seus components.

A Catalunya hi ha un total de 189 estacions operatives. No totes les estacions tenen el mateix nombre de sensors ni el mateix tipus. Els components tècnics si que són idèntics en totes elles, doncs són els aparells que permeten capturar i monitoritzar les dades que s'obtenen dels sensors. Així, podem trobar estacions amb fins a dotze sensors i d'altres que només en tinguin la meitat, segons la ubicació de l'estació en el territori. Per exemple, el sensors de gruix de neu només es troba a una dotzena d'estacions, aquelles localitzades en altituds elevades amb nevades freqüents. El tipus de subministrament energètic de les instal·lacions també pot variar, ja que hi ha estacions que reben subministrament directament de la xarxa elèctrica i d'altres que s'alimenten mitjançant plaques solars. Aquestes últimes doncs, incorporen la informació i les dades relatives a les plaques solars.

Tota aquesta informació genera un gran volum de dades. La finalitat del Sistema d'informació Geogràfica per a la gestió de les estacions meteorològiques és estructurar d'una manera coherent tota aquesta informació, integrant el servidor de dades espacials i alfanumèriques en un mateix entorn unificat a una base de dades relacional.

2.2. Objectius

El principal objectiu d'aquest projecte ha estat la construcció d'una infraestructura bàsica d'informació territorial que permeti localitzar les estacions meteorològiques en el mapa, consultar les característiques tècniques i calcular la ruta òptima entre les instal·lacions. Aquesta infraestructura s'ha dissenyat mitjançant una arquitectura de tres nivells funcionals: el primer conté les dades de les estacions, el segon l'estructuració i tractament de les mateixes i el tercer nivell la visualització i consulta mitjançant l'aplicació web.

El projecte pretén desenvolupar una eina que faciliti les tasques rutinàries dels operaris que treballen en el manteniment de les estacions meteorològiques. Una estació meteorològica és una instal·lació composta per un conjunt de components i aparells electrònics, uns destinats a la captura de dades meteorològiques, altres destinats a la monitorització d'aquestes dades i

altres al funcionament general de la instal·lació. Tots aquests components necessiten un manteniment continu, revisions periòdiques, reajustaments i actualitzacions o substitucions dels aparells per tal de perfeccionar la captura i registre de variables meteorològiques i avançar en el desenvolupament tecnològic dins el sector de l'enginyeria ambiental.

De manera més específica, el SIG implementat ha de servir per:

- Visualitzar de manera estructurada i homogènia la distribució territorial de les estacions meteorològiques de Catalunya.
- Suportar operacions de georeferenciació. En aquesta aplicació es realitzaran mitjançant els topònims.
- Permetre operacions de consulta, tant dels atributs temàtics com espacials, d'exploració i d'interrelació; és a dir, el SIG ha de suportar operacions basades en l'ús de les dades i d'informació derivada d'aquestes.
- El SIG ha de permetre generar cartografia de tots els elements anteriorment esmentats, ja sigui temàtica o general, és a dir, d'una selecció determinada o de tot l'àmbit territorial català.
- Calcular les rutes entre estacions, obtenint la distància, el temps i les direccions del trajecte.
- Mitjançant l'aplicació web, el SIG ha de permetre la publicació d'informació a Internet. Les dades seran consultables per a tots aquells usuaris autoritzats a accedir al servidor web.

Un altre objectiu que l'autor del treball s'ha marcat des de l'inici és el d'utilitzar només software "Open source" en la implementació del sistema d'informació geogràfica, reduint-ne així el cost i flexibilitzant el sistema informàtic per permetre futures modificacions o actualitzacions.

En aquest projecte només s'ha utilitzat software amb llicència de codi obert compatible amb la *Open Source Definition* (Definició de Codi Obert) definida per la *Open Source Initiative*, organització que defineix les característiques que ha de tenir el software per ser considerat de codi obert. Algunes d'aquestes característiques són la lliure redistribució del software i també del codi font del programa, no discriminar cap persona o grup o cap àrea de treball, permetre modificacions i treballs derivats i que la llicència sigui tecnològicament neutral i no restringeixi a altres programes.

2.3. Continguts

Una estació meteorològica és una instal·lació dissenyada per mesurar i registrar multitud de variables meteorològiques que posteriorment s'estudien i s'analitzen per elaborar prediccions meteorològiques i models climàtics. En aquest projecte s'analitza l'estructura de les estacions, és a dir, la seva composició i els aparells i instruments que la conformen, ja que l'objectiu és que sigui una eina útil per als operaris que treballen en el seu manteniment.

Així doncs, en aquest estudi no s'utilitzen les variables climàtiques en sí, com la temperatura, la humitat o la radiació solar, sinó que s'analitzen els aparells de captura d'aquestes variables, les seves característiques i les seves especificacions tècniques.

El Sistema d'Informació Geogràfica per a la gestió, consulta i visualització de les estacions meteorològiques conté tota la informació relativa a la localització de les mateixes, als components que la conformen i a les prestacions tècniques que aquests ofereixen.

El SIG també permet calcular totes les rutes entre les estacions, sent les estacions i el traçat de les rutes les dues entitats geogràfiques amb representació cartogràfica.

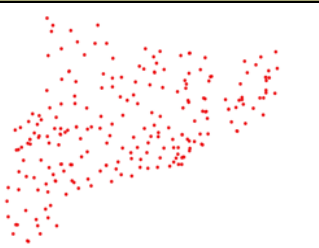
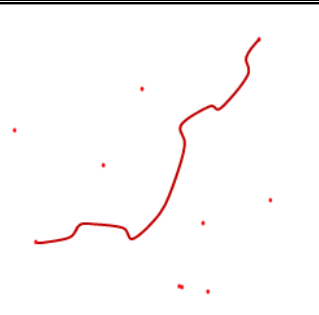
	INFORMACIÓ	GEOMETRIA	VISTA
Estacions	Info. general Sensors Components	Punts	
Rutes	Origen, destí Direccions Distància Temps	Arcs i nodes	

Figura 2.1 Contingut del SIG

A Catalunya hi ha un total de 230 estacions meteorològiques, 189 d'elles operatives i 41 desmantellades. La informació de les estacions es divideix en tres blocs diferents, més un bloc d'informació destinat a les rutes entre les estacions:

Informació general: en aquest bloc s'inclou la informació bàsica de les estacions meteorològiques.

Sensors meteorològics: llistat dels sensors que conté una estació i les seves especificacions.

Components tècnics: les estacions meteorològiques tenen components destinats a la monitorització de les dades captades i d'altres al funcionament general de la instal·lació.

Rutes: dades de les rutes i els desplaçaments entre les diferents estacions meteorològiques.

Totes les dades de les estacions estan emmagatzemades a la base de dades del sistema d'informació geogràfica. La base de dades, com es veurà més endavant, segueix el model relacional i es gestiona mitjançant un sistema gestor de bases de dades.

2.3.1. Informació general

La informació general fa referència a aquelles dades bàsiques de les estacions. En aquest apartat apareixen les següents dades:

- **Codi de l'estació**: és el codi numèric de referència de cada estació. És un codi únic per a cada una de les entitats del SIG.
- **Nom**: denominació de cada estació segons es defineixen en el llistat de la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA) del servei meteorològic de Catalunya.
- **Municipi**: municipi on s'ubica l'estació.
- **Codi INE**: codi oficial del municipi on s'ubica l'estació.
- **Comarca**: comarca on s'ubica l'estació.
- **Latitud**: latitud exacta de la localització de l'estació.
- **Longitud**: longitud exacta de la localització de l'estació.
- **Altitud**: altitud on es localitza l'estació, en metres per sobre el nivell del mar.
- **Data d'alta**: data en que es va donar d'alta l'estació.
- **Data de baixa**: en cas que l'estació hagi estat desmantellada.
- **Estat**: estat de l'estació, és a dir, si està operativa o desmantellada.

Si l'estació meteorològica està desmantellada apareix el camp "*data de baixa*", si està "*operativa*" aquest camp no apareix. Si l'estació meteorològica està "*desmantellada*" no apareixen els altres dos blocs d'informació de les estacions, ja que s'entén que no disposa de sensors n'hi de components. Aquestes condicions s'han definit mitjançant la programació de condicionals en l'aplicació web.

2.3.2. Sensors meteorològics

Els sensors meteorològics són els instruments dissenyats per rebre informació de diverses variables meteorològiques i transformar les dades de manera que es puguin quantificar i processar, normalment en variables elèctriques que es transmeten per una senyal analògica o digital a un altre dispositiu o sistema que les emmagatzema i les tracta. No totes les estacions tenen el mateix tipus de sensors, ja que hi ha sensors molt específics que només es troben en algunes estacions. S'ha definit dotze tipus de sensors diferents, tot i que en alguns casos un mateix sensor pot captar més d'una variable meteorològica. A l'**Annex I** del treball es mostren alguns exemples dels diferents sensors:

- **Sensor de temperatura:** és un dispositiu que transforma els canvis de temperatura en canvis en senyals elèctriques que són processats per equips electrònics. Registra la temperatura mínima i màxima en graus Celsius (°C). En molts casos els sensors de temperatura també capten la humitat relativa. Quan un sensor és de temperatura i d'humitat al mateix temps se'n diu termohigròmetre. Les especificacions del sensor de temperatura són les següents:
 - Marca del sensor
 - Model del sensor
 - Número de sèrie
 - Data d'última revisió
 - Data d'última substitució
 - Rang
 - Precisió
 - Resolució
 - Senyal de sortida

- **Sensor de precipitació o pluviòmetre:** és un instrument que mesura la quantitat de precipitació caiguda en un lloc concret i en un període de temps determinat. S'utilitza el mil·límetre (mm) com a unitat de mesura, que equival a un litre d'aigua recollida per cada metre quadrat de superfície. Les especificacions del sensor de precipitació són les següents:
 - Marca del sensor
 - Model del sensor
 - Número de sèrie
 - Data d'última revisió
 - Data d'última substitució
 - Sensor de corrent
 - Calefacció
 - Rang
 - Precisió
 - Resolució
 - Senyal de sortida

- **Sensor de velocitat del vent o anemòmetre:** és un aparell dissenyat per mesurar la velocitat del vent. Tot i que per calcular la velocitat del vent s'utilitzen moltes i

variades tecnologies, habitualment es tracta d'algun dispositiu que converteix la rotació de les hèlixs o les culleres en un senyal analògic mesurable. La velocitat del vent és mesura en metres per segon (m/s). Les especificacions del sensor de velocitat del vent són les següents:

- Marca del sensor
- Model del sensor
- Número de sèrie
- Data d'última revisió
- Data d'última substitució
- Rang
- Precisió
- Resolució
- Senyal de sortida

- **Sensor de direcció del vent:** el sensor de direcció del vent és l'instrument que mesura la direcció del vent en graus (de 0° a 359°). S'utilitza un penell rotatiu, la posició del qual s'obté a partir d'un voltatge constant aplicat al potenciòmetre (instrument que s'utilitza per mesurar la tensió elèctrica). La senyal de sortida és un voltatge analògic directament proporcional a l'angle de la direcció del vent. Les especificacions del sensor de direcció del vent són les següents:

- Marca del sensor
- Model del sensor
- Número de sèrie
- Data d'última revisió
- Data d'última substitució
- Rang
- Precisió
- Resolució
- Linealitat
- Llindar
- Senyal de sortida

- **Sensor de pressió atmosfèrica o baròmetre:** la pressió atmosfèrica és la pressió que exerceix l'atmosfera terrestre sobre la superfície de la terra. La pressió atmosfèrica s'expressa en hectoPascals (hPa) o en mil·libars (mbar). Hi ha varis tipus d'aparells de mesura, però molt d'aquest sensors es basen en la variació d'un diafragma flexible que es deforma en funció de la pressió aplicada. La deformació del diafragma s'amplifica i es transforma normalment en un valor de voltatge o d'intensitat proporcional a la pressió atmosfèrica. Les especificacions del sensor de pressió atmosfèrica són les següents:

- Marca del sensor
- Model del sensor
- Número de sèrie
- Data d'última revisió
- Data d'última substitució
- Rang
- Precisió
- Resolució
- Linealitat
- Senyal de sortida

- **Sensor de radiació solar o piranòmetre:** és un aparell utilitzat per mesurar la radiació solar que incideix en la superfície terrestre. Es tracta d'un sensor dissenyat per mesurar la densitat del flux de radiació solar en un camp de 180 graus. La unitat de mesura utilitzada és el quilovat per metre quadrat (kw/m^2). Les especificacions del sensor de radiació solar són les següents:

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| ▪ Marca del sensor | ▪ Precisió |
| ▪ Model del sensor | ▪ Sensibilitat |
| ▪ Número de sèrie | ▪ Resolució |
| ▪ Data d'última revisió | ▪ Linealitat |
| ▪ Data d'última substitució | ▪ Camp espectral |
| ▪ Rang | ▪ Senyal de sortida |

- **Sensor de radiació ultraviolada o radiòmetre ultraviolat:** la radiació ultraviolada és la radiació electromagnètica amb longitud d'ona menor que la de la llum visible. La radiació ultraviolada forma part de les radiacions solars i s'obté calculant la longitud d'ona del rang espectral mesurat en nanòmetres (nm). Les especificacions del sensor de radiació ultraviolada són les següents:

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| ▪ Marca del sensor | ▪ Precisió |
| ▪ Model del sensor | ▪ Sensibilitat |
| ▪ Número de sèrie | ▪ Resolució |
| ▪ Data d'última revisió | ▪ Linealitat |
| ▪ Data d'última substitució | ▪ Camp espectral |
| ▪ Rang | ▪ Senyal de sortida |

- **Sensor d'humitat relativa o higròmetre:** és l'aparell que mesura la humitat relativa de l'aire. N'hi ha de diferents tipus, uns basats en la condensació, altres en l'absorció i també higròmetres electrònics, que són els instruments més precisos disponibles. La humitat relativa és mesura en percentatge (%). Les especificacions del sensor d'humitat relativa són les següents:

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| ▪ Marca del sensor | ▪ Rang |
| ▪ Model del sensor | ▪ Precisió |
| ▪ Número de sèrie | ▪ Resolució |
| ▪ Data d'última revisió | ▪ Senyal de sortida |
| ▪ Data d'última substitució | |

- **Sensor d'humectació:** és un sensor que imita una fulla real, determinant la presència i duració de la humectació sobre la superfície foliar. La humectació fa referència a un grau determinat d'humitat sobre una superfície. La humectació és mesura en percentatge (%). Les especificacions del sensor d'humectació són les següents:
 - Marca del sensor
 - Model del sensor
 - Número de sèrie
 - Data d'última revisió
 - Data d'última substitució
 - Rang
 - Precisió
 - Resolució
 - Senyal de sortida

- **Sensor de gruix de neu o nivòmetre:** és un aparell dissenyat per mesurar la profunditat i espessor de la capa de neu, al mateix temps que avalua la quantitat d'aigua precipitada en un lloc determinat durant un temps determinat. Principalment s'utilitzen els sensors de làser o els sònics. El gruix de neu es mesura en mil·límetres (mm). Les especificacions del nivòmetre són les següents:
 - Marca del sensor
 - Model del sensor
 - Número de sèrie
 - Data d'última revisió
 - Data d'última substitució
 - Rang
 - Precisió
 - Resolució
 - Linealitat
 - Senyal de sortida

- **Sensor de temperatura de subsòl a 10 cm:** sensor que registra la temperatura a deu centímetres de la superfície del sòl. Registra la temperatura mínima i màxima en graus Celsius (°C). Les especificacions del sensor de temperatura a subsòl són les següents:
 - Marca del sensor
 - Model del sensor
 - Número de sèrie
 - Data d'última revisió
 - Data d'última substitució
 - Rang
 - Precisió
 - Resolució
 - Linealitat
 - Senyal de sortida

- **Sensor de temperatura de subsòl a 50 cm:** sensor que registra la temperatura a cinquanta centímetres de la superfície del sòl. Registra la temperatura mínima i màxima en graus Celsius (°C). Les especificacions del sensor de temperatura a subsòl són les següents:
 - Marca del sensor
 - Model del sensor

- Número de sèrie
- Data d'última revisió
- Data d'última substitució
- Rang
- Precisió
- Resolució
- Linealitat
- Senyal de sortida

Les diferents especificacions dels sensors indiquen les característiques tècniques d'aquests. La major part de les especificacions tècniques són compartides per tots els sensors, però hi ha elements específics segons les característiques i les variables meteorològiques que hagin de registrar els sensors. Per exemple, el camp espectral és un element que només es registra pels sensors de radiació solar i de radiació ultraviolada. A continuació es defineixen les principals especificacions tècniques dels sensors meteorològics:

- **Marca del sensor:** empresa o companyia que fabrica el sensor.
- **Model del sensor:** model específic del sensor.
- **Número de sèrie:** codi alfanumèric únic que identifica el sensor.
- **Data d'última revisió:** data en que s'ha revisat el sensor per última vegada per part d'un operari de l'empresa.
- **Data d'última substitució:** data en que s'ha substituït per última vegada el sensor per part d'un operari de l'empresa.
- **Rang:** és l'interval entre el valor màxim i el valor mínim que pot captar un sensor en la seva unitat de mesura.
- **Precisió:** fa referència a la qualitat dels resultats que pot registrar un sensor per donar resultats amb un error mínim.
- **Resolució:** és la mesura del menor increment o disminució que pot registrar un sensor.
- **Linealitat:** és la mesura de la desviació entre la sortida del transductor i el desplaçament real que es mesura. Un transductor és un dispositiu que transforma una magnitud física, habitualment energia, en una altra.
- **Sensibilitat:** és la relació entre la variació de la magnitud de sortida i la variació de la magnitud d'entrada. Només s'especifica en els sensor de radiació solar i ultraviolada.
- **Llindar:** fa referència a la quantitat mínima de senyal que de rebre el sensor per poder registrar-lo. Només s'especifica en el sensor de direcció del vent.

- **Camp espectral:** és el rang de longituds d'ona de l'espectre electromagnètic de la llum que pot mesurar un sensor. El camp espectral només s'especifica en els sensors de radiació solar i en els sensors de radiació ultraviolada.
- **Sensor de corrent:** només es troba en els pluviòmetres i, és un sensor de corrent per efecte Hall, que mesura la intensitat elèctrica que circula pel conductor per tal de conèixer si la calefacció dels sensors de precipitació funciona correctament. Es coneix com a efecte Hall a l'aparició d'un camp elèctric per separació de càrregues.
- **Senyal de sortida:** senyal elèctrica de sortida d'un sensor, mesurada en voltatge, resultat de transformar en variables elèctriques les diferents magnituds mesurades pel sensor.

A l'**Annex I** del treball es pot consultar la taula d'especificacions tècniques de tots els sensors meteorològics. En aquesta taula de l'annex s'indiquen les especificacions de cada model de sensor i també es mostren alguns exemples de sensors que podem trobar en el SIG de les estacions meteorològiques de Catalunya.

2.3.3. Components tècnics

Els components tècnics d'una estació meteorològica són tots aquells aparells que serveixen per monitoritzar les dades que recullen els sensors o bé per assegurar el funcionament de la instal·lació. Així doncs, els components es classifiquen de la següent manera:

- Monitorització: instruments que serveixen per a mesurar les dades que s'obtenen dels sensors i emmagatzemar-les i/o comunicar-les. Són els següents:

Data Logger: és un aparell electrònic de registre de dades que mesura les senyals elèctriques a una velocitat determinada i processa i emmagatzema les dades. És l'aparell més important per monitoritzar les dades i, disposa de telecomunicacions per transmetre les senyals. Les especificacions del Data Logger són les següents:

- **Marca:** nom del fabricant del dispositiu
- **Model:** model específic del dispositiu.
- **Número de sèrie:** codi alfanumèric únic que identifica el Data Logger.
- **Programa:** software que utilitza el Data Logger per al seu funcionament.
- **Data d'última revisió:** última vegada que un operari ha revisat el dispositiu.

- **Data d'última substitució:** última vegada que un operari ha substituït el dispositiu.

Mòdem: és un dispositiu que converteix les senyals analògiques en senyals digitals i, a l'inrevés, per a poder ser transmeses a través de cables telefònics o per fibra òptica.

Les especificacions del mòdem són les següents:

- **Marca:** nom del fabricant del dispositiu
- **Model:** model específic del dispositiu.
- **Número de sèrie:** codi alfanumèric únic que identifica el mòdem.
- **Configuració:** fa referència al tipus de sistema de comunicació del mòdem, normalment una connexió GSM/GPRS.
- **Data d'última revisió:** última vegada que un operari ha revisat el dispositiu.
- **Data d'última substitució:** última vegada que un operari ha substituït el dispositiu.

Targeta SIM: targeta que emmagatzema la identificació d'un client de telefonia mòbil. L'ús de la targeta SIM és obligatori en les xarxes GSM (Sistema global per a comunicacions mòbils). En el cas de les estacions meteorològiques s'utilitza per transmetre dades i per emmagatzemar informació de l'estat de la xarxa. Totes les targetes estan vinculades a un número de telèfon específic, pel que cada estació meteorològica consta d'un número de telèfon únic. La targeta SIM es troba instal·lada dins el mòdem. Les especificacions de la targeta SIM són les següents:

- **Número de telèfon:** número únic que identifica el client de la telefonia mòbil.
- **Número de sèrie:** codi alfanumèric únic que identifica el dispositiu.
- **Data d'última revisió:** última vegada que un operari ha revisat la targeta SIM.
- **Data d'última substitució:** última vegada que un operari ha la targeta SIM.

Antena: és el dispositiu dissenyat per rebre i emetre ones electromagnètiques. A les estacions meteorològiques hi ha dos tipus d'antenes: les antenes direccionals (o directives), aquelles amb capacitat per concentrar la major part d'energia radiada de manera localitzada cap a l'aparell emissor, evitant així interferències d'altres dispositius i, les antenes omnidireccionals, que són aquelles que radien energia cap a totes les direccions de manera uniforme. La freqüència de les ones

electromagnètiques es mesura en megahertz (MHz). Les especificacions de l'antena són les següents:

- **Marca:** nom del fabricant del dispositiu
 - **Model:** model específic del dispositiu.
 - **Alçada:** fa referència a la mida de l'antena. Seria la llargada si l'antena està en posició horitzontal.
 - **Freqüència:** freqüència de les ones electromagnètiques mesurades en megahertz (MHz).
 - **Tipus:** classifica les antenes segons siguin del tipus omnidireccionals o direccionals.
- **Funcionament:** aparells que serveixen per fer funcionar la instal·lació i els components de l'estació meteorològica. Són els següents:

Regulador de carga: és l'aparell que controla constantment l'estat de càrrega d'energia elèctrica de la bateria així com la intensitat de càrrega de la mateixa. El regulador de carga s'alimenta de corrent elèctrica, ja sigui directament de la xarxa de subministrament o de les plaques solars i, al seu temps, carrega la bateria i alimenta el Data Logger de l'estació meteorològica. El regulador de carga interpreta les necessitats de carga de la bateria i, si detecta que la bateria està a màxima capacitat, deixa passar tota la energia, evitant la sobrecarrega de la bateria. Pel contrari, si la xarxa elèctrica cau o no hi ha connexió ni ha la xarxa de subministrament ni a les plaques solars, el regulador de carga envia l'energia a la bateria, evitant així que es descarregui i s'interrompi el subministrament elèctric. Les especificacions del regulador de carga són les següents:

- **Marca:** nom del fabricant del dispositiu
- **Model:** model específic del dispositiu.
- **Número de sèrie:** codi alfanumèric únic que identifica el regulador de carga.
- **Data d'última revisió:** última vegada que un operari ha revisat el dispositiu.
- **Data d'última substitució:** última vegada que un operari ha substituït el dispositiu.

Bateria: és l'aparell que permet alimentar els circuits elèctrics de les estacions meteorològiques si falla o no hi ha connexió a la xarxa elèctrica o a les plaques solars. Hi ha molts tipus de bateries, però en les estacions meteorològiques s'utilitzen les

bateries de plom àcid de 12 volts que generen 12 o 70 ampers per hora (Ah). Les especificacions de la bateria són les següents:

- **Marca:** nom del fabricant de la bateria.
- **Model:** model específic de la bateria.
- **Capacitat:** indica la quantitat de carga elèctrica que pot emmagatzemar la bateria. Es mesura en ampers per hora (Ah).
- **Número de sèrie:** codi alfanumèric únic que identifica l'aparell.
- **Data d'última revisió:** última vegada que un operari ha revisat el dispositiu.
- **Data d'última substitució:** última vegada que un operari ha substituït el dispositiu.

Plaques solars: algunes bateries de les estacions meteorològiques s'alimenten de l'energia obtinguda de plaques solars, normalment de 30 o de 10 watts (W). Les especificacions de les plaques solars són les següents:

- **Marca:** nom del fabricant de les plaques solars.
- **Model:** model específic de les plaques solars.
- **Dimensions:** mides del panell solar.
- **Capacitat:** indica la quantitat d'energia elèctrica que pot generar la placa solar. Es mesura en watts (W).
- **Número de sèrie:** codi alfanumèric únic que identifica el panell.
- **Data d'última revisió:** última vegada que un operari ha revisat el dispositiu.
- **Data d'última substitució:** última vegada que un operari ha substituït el dispositiu.

Torre de l'estació: a la torre de l'estació és on s'instal·len els aparells anteriorment esmentats. En ella s'hi col·loquen els sensors, excepte el pluviòmetre, perquè registrin les variables meteorològiques, l'antena i també el Data Logger. Hi ha torres de 2 metres d'alçada i altres de 10 metres d'alçada. L'única especificació tècnica de la torre és la seva alçada.

A l'**Annex II** del treball es pot consultar la taula d'especificacions tècniques de cada component i dispositiu que es pot consultar en el Sistema d'Informació Geogràfica de les estacions meteorològiques de Catalunya, així com un seguit d'exemples dels diferents tipus de components tècnics que s'hi poden trobar.

Així doncs, de manera esquemàtica i a mode de resum, la informació de les estacions meteorològiques s'estructura de la següent manera:

Info. general	Sensors	Components	
<ul style="list-style-type: none"> • Codi de l'estació • Nom • Municipi • Codi INE • Comarca • Latitud • Longitud • Altitud • Data d'alta • Data de baixa* • Estat 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Precipitació • Velocitat vent • Direcció vent • Pressió atmosfèrica • Radiació solar • Radiació ultraviolada • Humitat relativa • Humectació • Gruix de neu • Subsòl 10 cm • Subsòl 50 cm 	<ul style="list-style-type: none"> • Data logger • Mòdem • Targeta SIM • Antena • Regulador carga • Bateria • Plaques solars • Torre estació 	<ul style="list-style-type: none"> Monitorització Funcionament

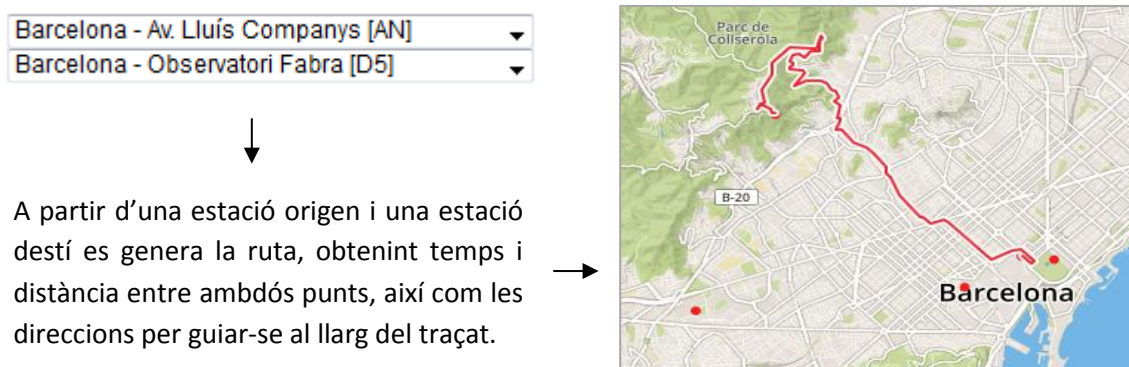
Figura 2.2. Dades de les estacions meteorològiques . La data de baixa (*) només apareix si l'estació està desmantellada

2.3.4. Rutes

A més de poder consultar les dades de les estacions meteorològiques i la seva composició, l'aplicació que s'ha creat permet calcular la ruta entre totes les estacions, utilitzant les localitzacions de les mateixes com a punt de partida i d'arribada dels trajectes.

Com ja s'ha dit anteriorment, l'objectiu principal del projecte és crear una eina útil per als operaris de l'empresa. El càlcul de rutes s'emmarca en aquest propòsit, ja que es pretén que la planificació de rutes entre estacions es pugui fer de manera senzilla, ràpida i eficient.

Mitjançant el càlcul de rutes de l'aplicació web del Sistema d'informació Geogràfica s'obté el traçat entre l'estació origen i l'estació destí, així com el temps total del trajecte, la distància total i, també les direccions de cada segment del traçat de la ruta i la distància de cadascun d'ells.



A partir d'una estació origen i una estació destí es genera la ruta, obtenint temps i distància entre ambdós punts, així com les direccions per guiar-se al llarg del traçat.

Figura 2.3. Càlcul de rutes entre estacions

2.4. Requeriments

Degut a la limitació temporal que tot treball de fi de màster implica s'han hagut d'ajustar els requeriments per poder implementar una aplicació compacta i sòlida que prioritzi l'eficiència en el funcionament davant d'altres criteris, però mantenint la possibilitat de millorar, afegir o canviar certs aspectes relacionats amb la funcionalitat de l'aplicació.

Aquest treball es pot considerar la primera part d'un projecte més ampli, en el que s'acabi d'integrar la gestió de totes les funcions que desenvolupen els operaris de l'empresa i se'n millori l'eficiència. De manera esquemàtica, es podrien delimitar els requeriments d'aquesta primera part del projecte i de la segona part del projecte de la següent manera:

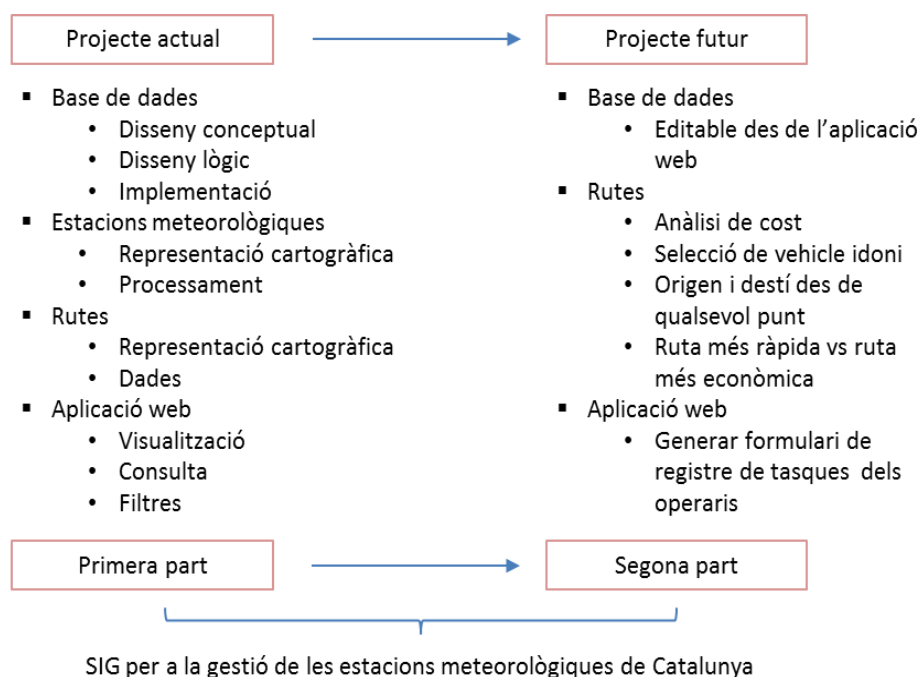


Figura 2.4. Requeriments del SIG

En aquesta primera part del projecte s'ha prioritzar la creació d'una base de dades sòlida i ben estructurada i d'una aplicació web compacta i funcional abans que intentar afegir més accions o més funcions al SIG amb el risc de perdre rendiment i eficiència. Els principals requeriments que ha de complir el sistema d'informació geogràfica són els següents:

Elaborar una base de dades homogènia i estructurada, basada en el model entitat – relació.

Suport cartogràfic a la informació geogràfica de les estacions meteorològiques.

Poder calcular les rutes i els desplaçaments entre les estacions.

Permetre realitzar consultes sobre les estacions, mitjançant l'aplicació de filtres.

Creació d'una aplicació web que integri tots els aspectes anteriorment esmentats, fàcil d'utilitzar i intuïtiva, que serveixi de suport tecnològic als operaris de l'empresa.

2.5. Funcionalitat

El sistema d'informació elaborat ha estat pensat i creat per tenir una utilitat pràctica en el manteniment de les estacions meteorològiques de Catalunya. Aquesta premissa ha estat el propòsit central a l'hora de definir el projecte, ja que la seva principal funció ha de ser facilitar les tasques d'anàlisi i gestió als tècnics encarregats del manteniment de les estacions.

El sistema d'informació permet ubicar i localitzar totes les estacions de la xarxa d'estacions automàtiques, així com consultar-ne la seva composició, les seves especificacions i les seves característiques. Un tècnic ha de poder consultar de manera ràpida i senzilla qualsevol dada de totes i cadascuna de les estacions així com la manera més ràpida de desplaçar-se entre elles.

L'aplicació web ha de servir de plataforma on verificar aquesta funcionalitat i on comprovar la consistència de l'estructura del SIG i de la seva implementació. Mitjançant la interfície d'usuari de l'aplicació es pot localitzar ràpidament qualsevol estació, consultar-ne les dades, calcular les rutes entre totes elles, aplicar filtres per generar consultes per selecció i obtenir cartografia específica dels elements desitjats.

2.6. Arquitectura del SIG

El SIG per a la gestió de les estacions meteorològiques es basa en una arquitectura de tres nivells funcionals o tres blocs d'operacions: el de gestió de dades, el de processament de les dades i el de la presentació dels resultats.

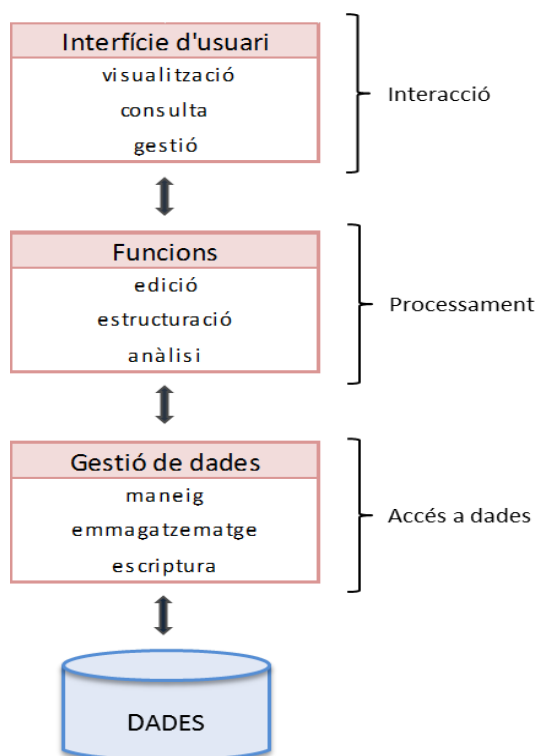


Figura 2.5. Nivells funcionals del SIG

El primer nivell de l'arquitectura funcional del SIG és el de les dades, on s'emmagatzema la informació temàtica i geomètrica de les entitats que conformen el SIG. Al segon nivell del SIG s'hi processen les dades i es tracten per estructurar-les de manera homogènia; el tercer nivell és el d'interacció amb l'usuari mitjançant l'aplicació web.

Aquests tres nivells funcionals es poden trobar integrats en un sol programa, amb una arquitectura d'un nivell, o en programes separats que interactuen i es relacionen entre sí, on cada programa gestiona un d'aquests blocs funcionals, generant una arquitectura de tres nivells. Aquesta arquitectura de tres nivells s'anomena orientada a serveis, que és caracteritzada per ser una funcionalitat de sistema d'informació que es basa en l'estil d'arquitectura de les tecnologies de la informació que dona suport a la orientació a serveis, a la seva construcció i als seus resultats, entenent com a servei qualsevol activitat de negoci que tingui un resultat específic.

L'arquitectura orientada a serveis està integrada per un servidor de dades, per un servidor d'aplicacions i per una aplicació client web. En informàtica, s'entén per client web un ordinador o aplicació informàtica que consumeix un servei remot que obté d'un servidor, que és una aplicació en execució capaç d'atendre peticions d'un client i retornar respostes en consonància.

El Sistema d'Informació Geogràfica per a la gestió de les estacions meteorològiques segueix aquesta estructura, amb tres nivells funcionals separats i gestionats per diferents programes coordinats entre sí.

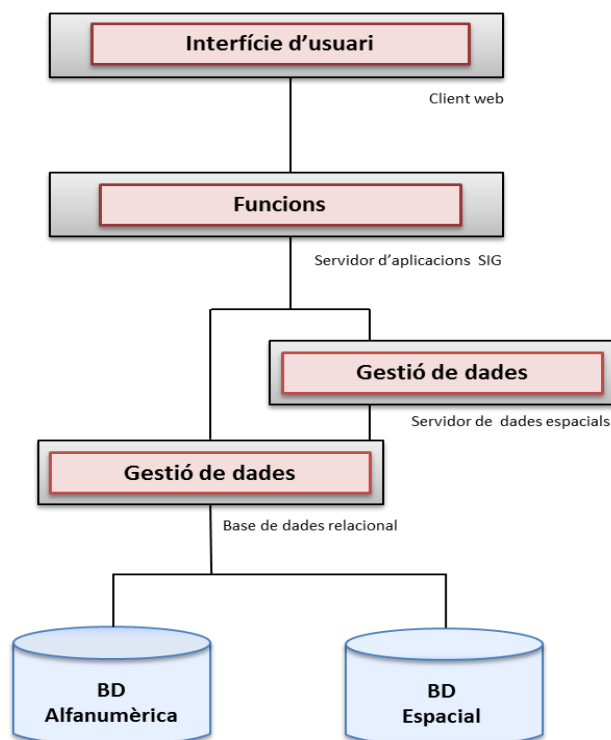


Figura 2.6. Arquitectura del SIG

2.7. Solució tecnològica

Per a la realització d'aquest treball s'han utilitzat un seguit de softwares segons les necessitats tecnològiques de cada fase del projecte i de cada bloc d'operacions. Per a cada nivell funcional del SIG s'ha utilitzat un o varis softwares específics per poder desenvolupar les tasques necessàries i poder satisfer els objectius inicials d'implementació del sistema d'informació.

Tots els programes utilitzats en l'elaboració del SIG compleixen la condició de ser software "open source", és a dir, software publicat sota llicència de codi obert o que forma part del domini públic. D'aquesta manera, la creació del SIG 'ha dut a terme evitant el pagament de llicències en l'ús de software, el que permet la seva implementació a un cost molt reduït, ja que només es necessari un tècnic per elaborar-lo i mantenir-lo. En aquest projecte s'han utilitzat els següents programes i eines o aplicacions:

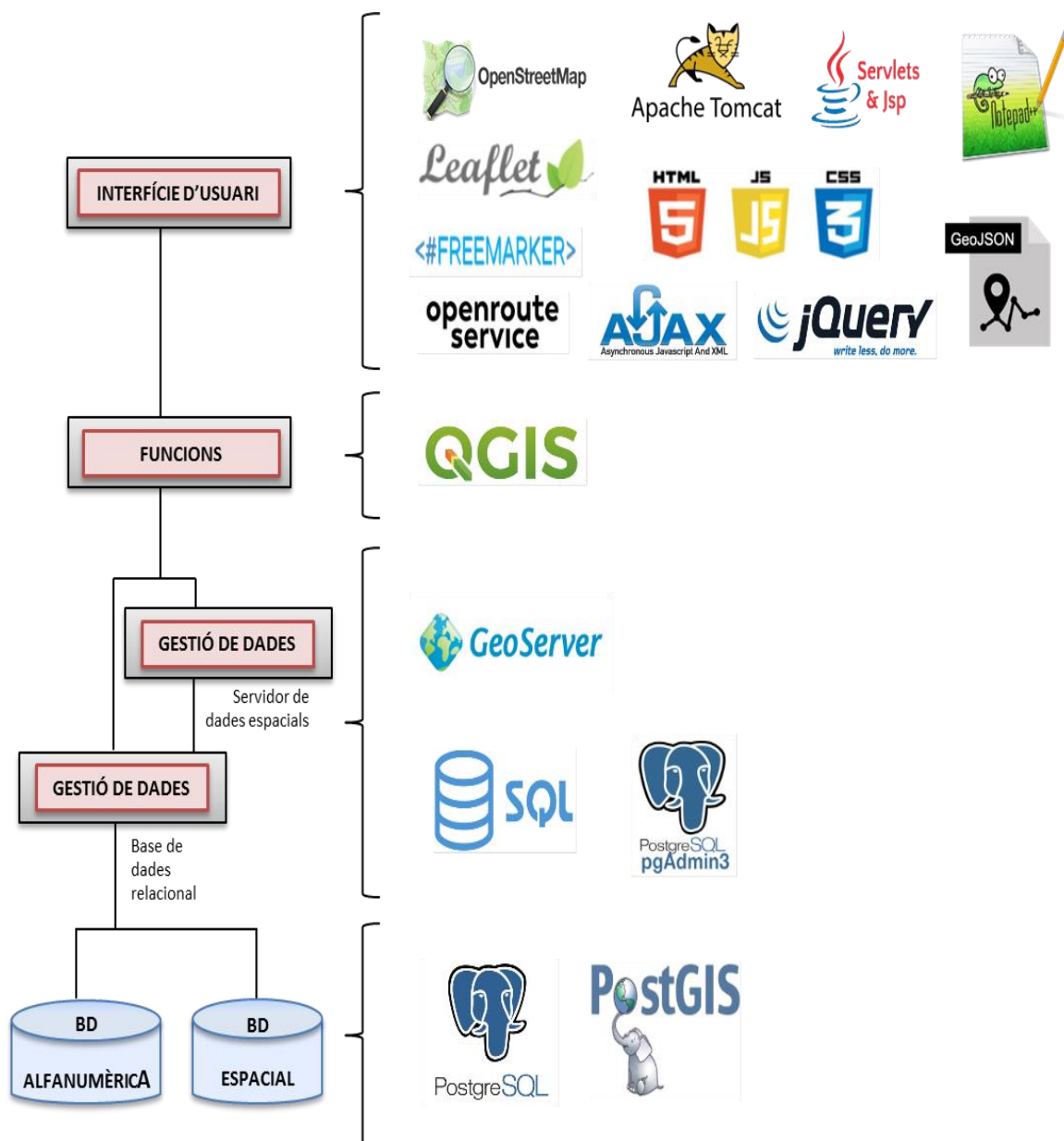
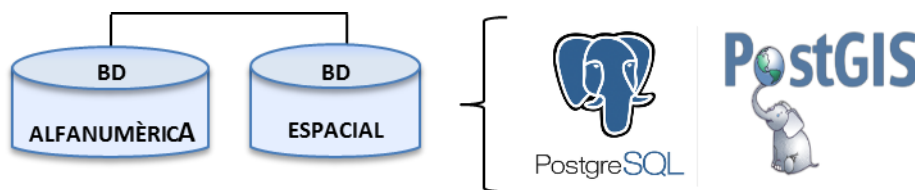


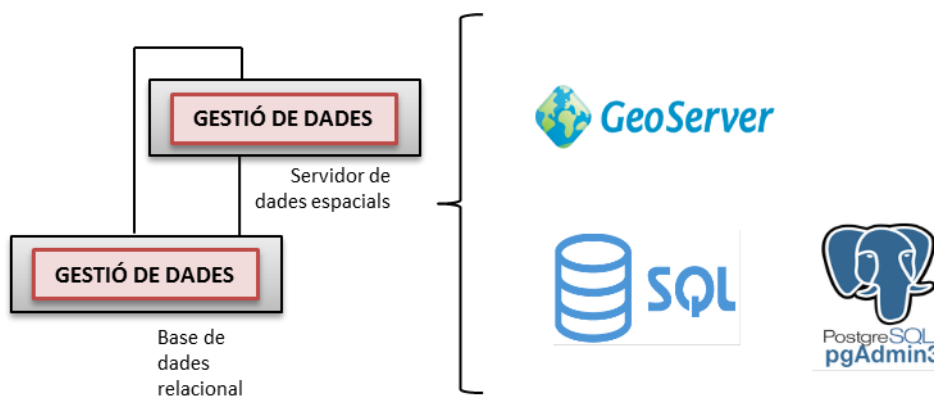
Figura 2.7. Base tecnològica del SIG

Al llarg del treball s'explicarà quan i com s'ha utilitzat cada programa, les seves característiques i la seva funció. A mesura que avanci l'exposició del projecte s'anirà indicant amb profunditat com s'ha utilitzat cada un dels programes o eines que s'exposen a la figura 2.7. A continuació s'exposa, a mode de resum i per blocs, quins són els programes i aplicacions que s'han utilitzat per desenvolupar el sistema d'informació geogràfica:

- La base de dades del SIG s'ha elaborat amb PostgreSQL, un sistema gestor de base de dades relacional. PostGIS és l'extensió que afegeix suport d'objectes geogràfics a PostgreSQL, és a dir, l'extensió que permet dotar de representació espacial als atributs geogràfics.

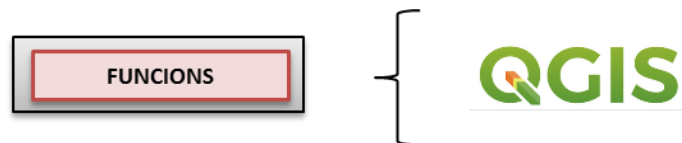


- La base de dades es gestiona amb el programa pgAdmin, que és l'eina que permet administrar la base de dades de PostgreSQL. Tant la creació com la posterior gestió, edició o manipulació de la base de dades es realitza amb SQL (Structured Query Language), que és el llenguatge estàndard utilitzat en els sistemes gestors de bases de dades. Com ha servidor de dades espacials s'ha utilitzat l'eina GeoServer, un servidor que permet compartir dades geospacials, mitjançant el qual s'ha publicat la capa amb les estacions meteorològiques. En aquest projecte no s'ha utilitzat cap servidor de dades espacial per obtenir dades, sinó per publicar-les, ja que les dades relatives a les estacions meteorològiques són d'elaboració pròpia.



- En aquest projecte no s'han realitzat funcions de geoprocés pròpiament dites, però si que s'ha utilitzat el software QGIS per omplir les taules amb les dades de les estacions meteorològiques. Mitjançant l'eina d'edició de QGIS s'han editat les taules corresponents als sensors i als components de les estacions meteorològiques. Per exemple, s'ha

seleccionat les estacions amb sensor de gruix de neu i se n'ha editat la taula numerant les estacions de manera correlativa per després poder ajuntar totes les taules en una final mitjançant un *join* (unió de taules). També s'ha utilitzat QGIS per generar l'estil SLD i la simbolització de les estacions meteorològiques.



- La interfície d'usuari és el medi amb el que l'usuari interactua amb l'aplicació, introdueix instruccions i obté resultats. En el cas d'una aplicació web s'utilitza com a client un navegador web que interactua i envia peticions a altres servidors o aplicacions per obtenir resultats i respostes específiques. En l'aplicació web s'integren moltes tecnologies i eines diferents amb l'objectiu d'assolir la funcionalitat desitjada i satisfer així les necessitats dels usuaris de l'aplicació.

L'aplicació web de les estacions meteorològiques s'ha programat utilitzant el servidor web Apache Tomcat i, els llenguatges de programació Java i JavaScript, juntament amb HTML i CSS. Per crear el mapa s'ha utilitzat la llibreria Leaflet i, per a dissenyar les etiquetes (pop-up) amb les dades de les estacions s'ha utilitzat la llibreria Freemarker de Java. Per generar el càlcul de rutes s'ha integrat dins l'aplicació l'eina Openrouteservice i, mitjançant la tecnologia JSP (JavaServer Pages) de Java, s'ha generat respostes a peticions que es realitzen des de la interfície d'usuari.

Altres tecnologies que s'han utilitzat en l'aplicació web són el framework jQuery, que permet simplificar la manera d'interactuar amb els documents HTML i, AJAX, una tecnologia basada en JavaScript que permet actualitzar continguts web sense necessitat de tornar a carregar la pàgina. GeoJSON és un format que ha permès simbolitzar i representar elements geogràfics. Per programar tota l'aplicació web s'ha utilitzat l'editor de codi Notepad++.



Figura 2.8. Base tecnològica de cada nivell funcional del SIG

3. DISSENY DE LA BASE DE DADES DEL SISTEMA D'INFORMACIÓ

Una base de dades és un conjunt de dades d'un mateix context o marc temàtic emmagatzemades de manera estructurada per posteriorment poder-ne fer ús. Una base de dades ben dissenyada es fonamental per aconseguir un accés ràpid i precís a la informació. Hi ha un seguit de programes, anomenats sistemes gestors de bases de dades, que permeten emmagatzemar les dades, manipular-les i recuperar-les de manera ràpida i senzilla.

3.1. Disseny conceptual de la base de dades

El primer pas per elaborar una base de dades d'un sistema d'informació és el disseny conceptual de la mateixa. El disseny conceptual és una descripció dels continguts i un esquema de les relacions entre les entitats que conformen la base de dades. En aquesta fase es defineixen les entitats i les relacions que aquestes mantenen entre sí, prenent com a punt de partida els requeriments específics del SIG.

El disseny conceptual de la base de dades del sistema d'informació s'ha realitzat segons el model d'Entitat-Relació. Aquest model és el més comú en el disseny conceptual de BD i, és basa en la definició de les entitats i de les relacions que mantenen entre sí. Una entitat d'una base de dades és qualsevol tipus d'objecte o element del qual se'n recull informació i, ha de ser únic i només pot aparèixer una vegada en l'esquema conceptual.

A més de representar les entitats i les relacions, en el model conceptual també es defineix la cardinalitat d'aquestes relacions, és a dir, el número mínim i el número màxim de registres que una entitat pot prendre en relació a una altra entitat. Es considera la cardinalitat una restricció en la implementació de bases de dades, ja que és una regla obligatòria que han de mantenir les dades emmagatzemades en un BD. La cardinalitat de les relacions es defineix de la següent manera:

- *de 1 a 1*: el registre d'una entitat és relaciona només amb un registre d'una altra entitat.
- *de 1 a molts (1 a N)*: el registre d'una entitat és relaciona amb més d'un registre d'una altra entitat, però els registres d'aquesta segona entitat només es relacionen amb un registre de la entitat inicial.
- *de molts a molts (N a M)*: una entitat és pot relacionar amb molts registres d'una altra entitat i, a l'inrevés.

Així doncs, en aquesta fase s'ha elaborat el disseny conceptual de la base de dades, en el que s'han definit les diferents entitats i les seves interrelacions, establint la cardinalitat i també la obligatorietat, entesa com l'obligació en la relació entre determinades entitats, ja que hi ha entitats que depenen d'altres i, si l'entitat inicial desapareix les altres no poden existir. Per dissenyar el model conceptual no és necessari utilitzar cap sistema gestor de bases de dades, ja que és un esquema conceptual encara mancat de les dades i els atributs. A l'**Annex III** del treball es mostra el disseny conceptual de la base de dades.

3.2. Disseny lògic de la base de dades

El disseny del model lògic serveix per passar del model de dades del disseny conceptual a un model de base de dades propi del disseny lògic, de manera que aquest pugui ser implementat per un programa informàtic o sistema gestor de bases de dades. En aquesta fase s'estableix l'estructura de les taules de la base de dades relacional del sistema d'informació, ja que es defineixen els atributs de les entitats, és a dir, els camps de les taules, així com la tipologia d'aquests, segons siguin de tipus numèric, text, booleà, data, etc.

En el disseny lògic també és necessari establir les claus primàries (*PrimaryKey*) i les claus foranes (*ForeignKey*), que són les claus que permetran les relacions entre taules. La clau primària actua d'identificador de l'entitat i la clau forana serveix per establir la relació amb una altra taula que té la mateixa clau fontana com a clau primària. Uns altres elements a definir en aquesta fase són els dominis, que són un conjunt de possibles valors per a un determinat atribut que restringeix les opcions d'aquest als valors definits dins el domini.

La base de dades del sistema d'informació consta d'una entitat principal amb representació espacial, l'estació meteorològica, amb la que es relacionen la resta d'entitats, un total de dotze sensors i de sis components, dels que també en depenen altres entitats. Per exemple, l'entitat *antena* depèn directament de l'entitat *mòdem*, que al seu temps depèn de l'entitat *estació meteorològica*. Així, les claus primàries de totes les entitats seran claus foranes de l'entitat *estació meteorològica*, que manté una cardinalitat de 1 a 1 amb la resta d'entitats de la base de dades. Totes les entitats tenen un atribut numèric que les identifica, un codi únic que permetrà identificar totes i cadascuna de les entitats que conformen el sistema d'informació geogràfica. Aquest codi és la clau primària de totes les entitats i, fa de clau forana a l'entitat *estació meteorològica*, el que permet establir la relació entre elles.

Cada entitat de la base de dades consta dels seus atributs, com per exemple la marca del sensor o el número de sèrie. Tots aquests atributs s'han de definir en els camps de les taules que representen les entitats. Així doncs, en el disseny lògic s'ha de definir cada atribut de

l'entitat i també el seu valor si aquest és un domini preestablert. Per exemple, l'entitat *sensor de temperatura* consta de deu atributs, com són el “codi del sensor, la marca, el model, el número de sèrie, la data d'última revisió, la data d'última substitució, el rang, la precisió, la resolució i la senyal de sortida”. D'aquests atributs se n'ha de definir els tipus de camps per la posterior càrrega de dades, és a dir, s'ha de definir el tipus de dada i la mida de cada camp, segons sigui numèric, text, una data o un domini ja definit. Això genera una restricció a la base de dades, ja que després els atributs només podran contenir valors que s'ajustin a la definició del camp.

Per aquesta base de dades s'han definit un total de 106 dominis, ja que la majoria de marques i models dels sensors i components s'han descrit en dominis per evitar errors en el moment de carregar les dades. Els valors dels atributs que depenen de la definició d'altres dominis també s'han descrit en dominis, evitant així els errors i la pèrdua de consistència de la base de dades. Per exemple, l'atribut “marca” de l'entitat *bateria* és un domini amb quatre valors ('sense bateria','Yuasa','Enduring','RITAR'). Per evitar errors, l'atribut “capacitat” és també un domini ja definit, tot i ser un atribut que depèn de l'atribut “marca”.

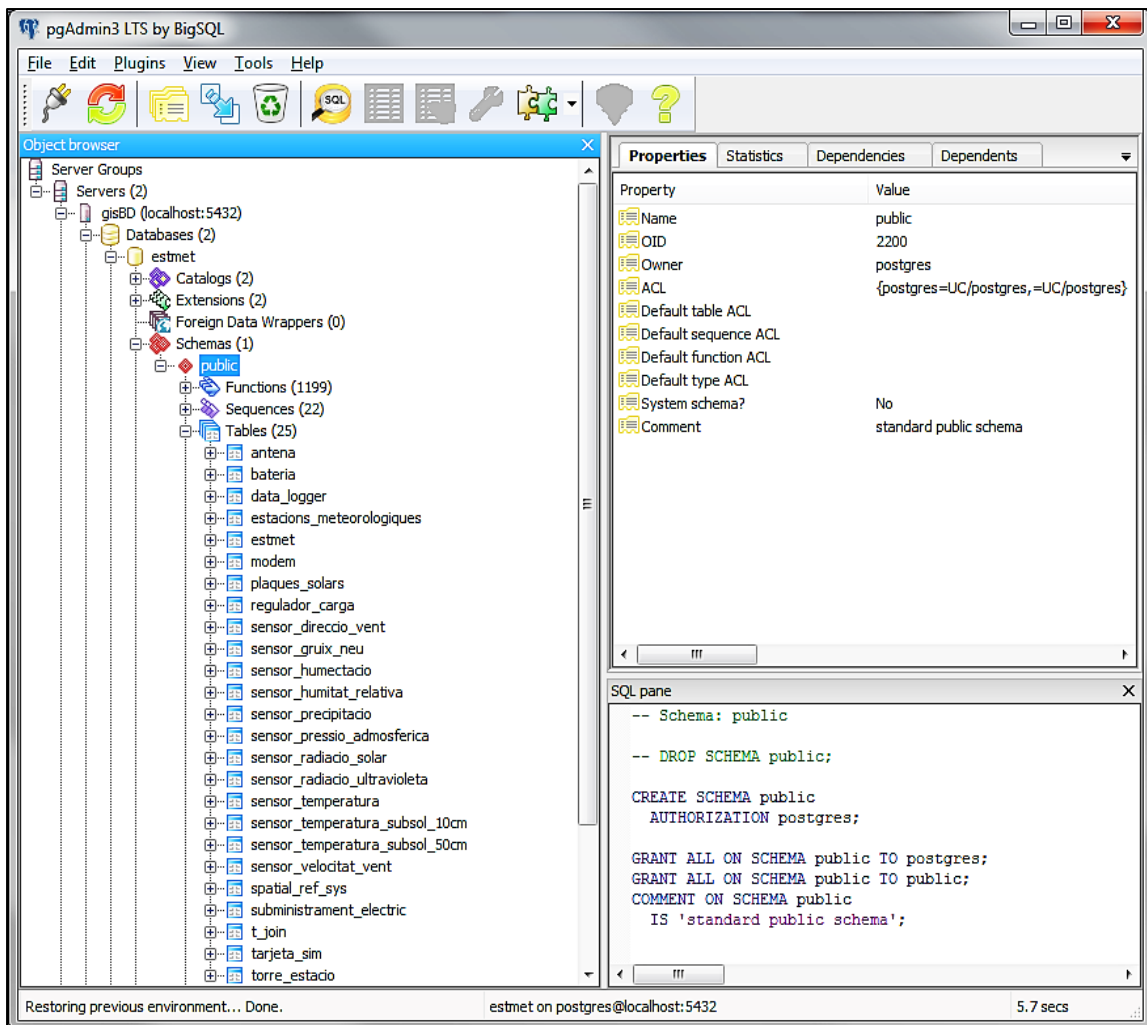
A l'**Annex IV** de la memòria es defineixen totes les entitats del SIG i els seus atributs. Els noms de les entitats i dels atributs són al·lies o noms clau que permeten simplificar les tasques de creació de la base de dades així com d'alliberament d'espai. A l'**Annex V** és mostra el disseny lògic de la base de dades del sistema d'informació.

3.3. Implementació de la base de dades

La implementació de la base de dades del SIG s'ha realitzat amb el software PostgreSQL, un programari lliure que permet crear i gestionar bases de dades relacionals mitjançant l'aplicació pgAdmin, una plataforma per administrar i desenvolupar les BD.

PostgreSQL és un sistema gestor de bases de dades relacionals “open source” que s'instal·la a l'ordinador i es configura de manera que es pugui connectar a la computadora local, que funciona com un servidor virtual, anomenat *localhost*. Principalment, s'ha d'indicar el port de l'ordinador on treballarà el programa i crear el compte d'administrador, que gestiona els usuaris i les contrasenyes del programa. En informàtica, el port és com s'anomena a la connexió entre dos sistemes que permet enviar i rebre diferents tipus de dades.

pgAdmin és la plataforma, també de codi lliure, des d'on es creen, s'organitzen i es gestionen les BD. Des de la seva interfície d'usuari s'administraren les BD de manera senzilla i simple, es generen les consultes SQL, es defineixen i es manipulen les taules de les bases de dades.



Imatge 3.1. Interfície gràfica de pgAdmin 3

PostgreSQL utilitza el llenguatge estructurat de consultes SQL (*Structured Query Language*) per comunicar-se amb la bases de dades. El llenguatge SQL utilitza sentències de definició (DDL, Data Definition Language) i sentències de manipulació (DML, Data Manipulation Language). Les sentències de definició s'utilitzen per crear, esborrar i modificar les taules de la base de dades i, les sentències de manipulació per inserir, modificar o eliminar registres de les taules.

Mitjançant aquestes sentències s'han generat els *scripts* per implementar la base de dades del SIG. Un script és el conjunt de comandos SQL que se li donen al programa per indicar-li que ha de fer i en quin ordre ho ha de fer.

La base de dades del Sistema d'Informació Geogràfica per a la gestió de les estacions meteorològiques s'ha implementat íntegrament amb scripts SQL, mitjançant els quals s'han creat les taules de la BD, si han inserit els registres, s'han creat els dominis, s'han especificat les claus primàries i s'ha donat representació espacial a les estacions meteorològiques utilitzant l'extensió PostGIS. En els documents que acompanyen la memòria es pot consultar l'script complet utilitzat per generar la base de dades del SIG (*create_postgresql.sql*).

3.4. Elaboració de les dades

Les dades bàsiques de la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques s'han obtingut del Servei Meteorològic de Catalunya, on consta la informació general d'aquestes, com ara la denominació, les coordenades, el municipi on estan ubicades, l'altitud o el seu estat. Les dades sobre les especificacions tècniques dels components i els sensors de les estacions s'han obtingut mitjançant la recerca i la investigació, així com amb col·laboració dels operaris de l'empresa que gestiona les estacions, reduïda pel simple fet de mantenir la confidencialitat de les seves instal·lacions.

A partir d'aquestes dades s'ha dissenyat i implementat la base de dades. Inicialment la BD consta de 22 taules: una taula correspon a l'estació meteorològica pròpiament dita, 12 taules pels sensors i 9 als diferents components i especificacions tècniques. Les taules, però, de moment estan buides de contingut, és a dir, els camps estan buits, ja que encara no s'ha procedit a la càrrega de dades. La taula principal de les estacions meteorològiques conté, a més de les columnes amb les dades de l'estació, totes les columnes que ha heretat de les relacions que la vinculen amb la resta de taules, ja que al estar totes les taules relacionades amb l'entitat estació meteorològica per mitjà de les claus foranes aquesta genera una columna nova per a cada taula amb la que es relaciona. A aquestes columnes fruit de la relació entre taules s'hi introduiran les claus primàries de les entitats amb qui es relaciona l'entitat estació meteorològica, integrant així tots els codis identificadors únics en una sola taula.

id	ud_eric(4,0)	d_alta date	d_baixa date	estat_estmet_estat_domain	sentemp_cd integer	senpre_cd integer	senvvent_cd integer	sendvent_cd integer	senad_cd integer
1		1998-01-23	2005-07-28	Desmantellada					
2		2005-07-29		Operativa					
3		2000-09-18		Operativa					
4		1996-02-07		Operativa					
5		1998-03-25		Operativa					
6		1996-01-05		Operativa					
7		1991-06-11		Operativa					
8		1989-05-01		Operativa					
9		2000-06-07		Operativa					
10		2000-03-14		Operativa					
11		2000-03-14	2014-04-08	Desmantellada					
12		2000-03-14	2015-01-12	Desmantellada					
13		2014-04-08		Operativa					
14		2014-08-26		Operativa					
15		1998-07-16		Operativa					
16		1997-05-24		Operativa					
17		1999-12-25		Operativa					
18		2002-05-17		Operativa					
19		2006-04-11		Operativa					
20		1996-01-16		Operativa					

Imatge 3.2. Taula resultant de la unió relacional

A aquesta taula, però, encara li manca un element primordial, que és el fet de tenir representació espacial, és a dir, donar forma geomètrica a les seves entitats. Això s'aconsegueix utilitzant l'extensió PostGIS, que serveix per afegir suport d'objectes geogràfics a la base de dades relacional, donant-li caràcter de base de dades espacial i permeten la seva utilització com a base de dades per a Sistema d'Informació Geogràfica. Un cop activat PostGIS, es crea una nova sentència on s'indica la taula de la BD en la que s'afegeix geometria, el nom de la nova columna que contindrà els registres, el sistema de referència i el tipus de geometria, ja sigui punt, línia o polígon. A continuació es mostra la sentència SQL utilitzada:

```
CREATE EXTENSION POSTGIS;

SELECT ADDGEOMETRYCOLUMN ('public','estacions_meteorologiques','geometria',4326,'POINT',2);
```

Un cop creada la columna que contindrà la geometria s'ha d'especificar d'on s'obtidran les dades per donar la representació geomètrica. En aquest cas s'obté a partir de les columnes longitud i latitud de la taula de les estacions meteorològiques, que són es columnes que contenen les coordenades geogràfiques. En els documents que acompanyen la memòria es pot consultar l'script complet utilitzat per generar la geometria de la BD (*create_postgresql.sql*). A continuació es mostra la sentència específica SQL utilitzada:

```
update estacions_meteorologiques set geometria = ST_SetSRID(ST_POINT(longitud,latitud),4326);
```

Al tenir ja la taula de les estacions meteorològiques representació espacial es pot visualitzar amb un programari de Sistema d'Informació Geogràfica. En aquest projecte i, per seguir amb l'objectiu de treballar només amb software "open source", s'ha utilitzat el programa QGIS, que permet la connexió amb bases de dades PostgreSQL. Mitjançant l'eina d'edició de QGIS, s'ha editat la taula d'estacions meteorològiques i els seus registres, creant els codis identificadors dels objectes de la capa, és a dir, donant numeració a les columnes dels components i dels sensors de les estacions meteorològiques, generant els codis únics de cada entitat, que actuen com a clau primària. Per exemple, aplicant un filtre a la capa d'estacions, s'han seleccionat només les estacions amb una altitud superior als 1000 metres, en les que ja es col·loca un sensor de gruix de neu, de manera que només s'ha donat numeració amb codi de sensor de gruix de neu a aquestes estacions. Així doncs, només tindran codi de sensor de gruix de neu 24 estacions meteorològiques.

Aquesta edició per generar els codis de cada objecte s'ha fet a totes les columnes de la taula estacions meteorològiques que corresponen a les claus primàries de les taules amb que té relació. La majoria de sensors i components es troben a totes les estacions, pel que s'ha seleccionat totes aquelles estacions operatives, deixant fora les desmantellades i, s'ha generat una numeració automàtica de 1 a 189, aplicant així una numeració en sèrie. Els sensors més

específics que no estan a totes les estacions s'han enumerat manualment amb l'eina edició de QGIS, seleccionant aquelles estacions que contenen amb els esmentats sensors. El mateix procediment s'ha fet servir amb les plaques solars, seleccionant manualment totes aquelles estacions que disposen d'aquest dispositiu i generant la numeració posteriorment.

id	d_alta date	d_baixa date	estat estmet_estat_domain	sentemp_cd integer	senpre_cd integer	senvvent_cd integer	sendvent_cd integer	senad_cd integer
1	1998-01-23	2005-07-28	Desmantellada					
2	2005-07-29		Operativa	1	1	1	1	1
3	2000-09-18		Operativa	2	2	2	2	2
4	1996-02-07		Operativa	3	3	3	3	3
5	1998-03-25		Operativa	4	4	4	4	4
6	1996-01-05		Operativa	5	5	5	5	5
7	1991-06-11		Operativa	6	6	6	6	6
8	1989-05-01		Operativa	7	7	7	7	7
9	2000-06-07		Operativa	8	8	8	8	8
10	2000-03-14		Operativa	9	9	9	9	9
11	2000-03-14	2014-04-08	Desmantellada					
12	2000-03-14	2015-01-12	Desmantellada					
13	2014-04-08		Operativa	10	10	10	10	10
14	2014-08-26		Operativa	11	11	11	11	11
15	1998-07-16		Operativa	12	12	12	12	12
16	1997-05-24		Operativa	13	13	13	13	13
17	1999-12-25		Operativa	14	14	14	14	14
18	2002-05-17		Operativa	15	15	15	15	15
19	2006-04-11		Operativa	16	16	16	16	16
20	1996-01-16		Operativa	17	17	17	17	17

Imatge 3.3. Generació dels codis únics de tots els objectes de la taula resultant de la unió relacional

Aquesta numeració és el que ens permetrà posteriorment realitzar la unió entre taules i aconseguir que tota la informació i les dades dels sensors i els components estigui en una sola taula, una taula nova que es crearà al unir totes les taules i, serà la que es mostrarà a l'aplicació web. Aquesta operació s'ha realitzat mitjançant la sentència JOIN de SQL, que permet combinar tots els registres d'aquestes taules en una única taula a partir de la unió entre les claus primàries de les taules i les claus generades amb l'edició de QGIS.

En llenguatge SQL un JOIN és una unió o combinació de registres en una taula en una base de dades relacional. Hi ha varis tipus de JOINS, però en aquest cas s'ha utilitzat el LEFT JOIN, ja que aquest permet retornar un valor *null* quan la unió entre taules no retorna correspondència entre registres. Dit d'una altra manera, les taules de la base de dades tenen un número de registres diferents, ja que hi ha sensors que estan en totes les estacions i altre més específics que només es troben en estacions determinades. Per exemple, el sensor de temperatura és comú a les 189 estacions operatives, en canvi, el sensor de gruix de neu només es troba a 24 estacions. Això genera el conflicte d'unir en una mateixa taula diferent número de registres, ja que s'està fent una unió per un costat de, per exemple, 189 registres i, per l'altra de 24. El LEFT

JOIN permet unir i combinar les taules i considerar com a camps *null* aquells que no tinguin correspondència, es a dir, aquells que no tinguin tots dos registres. En aquest cas és el que es busca, ja que les estacions que no tinguin sensor de gruix de neu han de tenir aquell registre com a *null*, però han de tenir el registre, sinó la taula nova de les estacions meteorològiques (anomenada *estmet* a la BD) no s'estructura correctament i perd la seva utilitat.

La taula resultant d'aquesta operació conté totes les dades de totes les taules anteriorment esmentades, generant la taula final de les estacions meteorològiques, anomenada *estmet*, amb un total de 230 files i 175 columnes. A aquesta taula se l'hi ha de tornar a donar representació espacial mitjançant l'extensió PostGIS, ja que al ser una taula nova encara no s'ha especificat ni la forma geomètrica de les seves entitats ni els seus atributs geogràfics. Aquesta taula resultant es publicarà en un servidor de mapes i s'integrarà a l'aplicació web, el que permetrà consultar i visualitzar totes les estacions meteorològiques de Catalunya i la seva composició. En els documents que acompanyen la memòria es pot consultar l'script utilitzat per generar el LEFT JOIN (*join_sql.sql*).

	(4,0)	d_alta date	d_baixa date	estat estmet_estat_domain	sentemp_ma sentemp_marca_domain	sentemp_md sentemp_model_domain
17		1998-05-15	2014-01-03	Desmantellada		
18		1996-01-23	2006-03-22	Desmantellada		
19		2014-04-08		Operativa	STA-01	Sonda Pt 100 normalitzada i lineal
20		1996-03-31		Operativa	Vaisala	Hmp4 Humicap
21		2003-01-16		Operativa	STA-01	Sonda Pt 100 normalitzada i lineal
22		1998-01-22		Operativa	Sensovant	EE33-M
23		2006-02-16		Operativa	Sensovant	EE33-M
24		1989-05-17		Operativa	Vaisala	Hmp155 Humicap
25		1994-12-31		Operativa	Sensovant	EE33-M
26		1991-06-03		Operativa	Vaisala	Hmp4 Humicap
27		1998-03-25		Operativa	Vaisala	Hmp155 Humicap
28		2001-05-10		Operativa	Vaisala	Hmp4 Humicap
29		1998-03-04		Operativa	Vaisala	Hmp155 Humicap
30		1999-06-09		Operativa	Vaisala	Hmp155 Humicap

Imatge 3.4. Taula resultant del JOIN LEFT

3.5. Càrrega de dades

La càrrega de les dades de la BD s'ha realitzat íntegrament mitjançant l'execució d'*scripts* SQL. Els valors de cada registre de les taules de les entitats s'han inserit utilitzant la sentència SQL *insert into*, que s'utilitza per col·locar dades dins d'una taula. Així s'ha procedit a la càrrega de les dades de totes les taules de la BD, per posteriorment realitzar el LEFT JOIN i unir totes les dades en una sola taula. En els documents que acompanyen la memòria es pot consultar l'script utilitzat per generar la BD del sistema d'informació (*create_postgresql.sql*).

4. DISSENY DE L'APLICACIÓ WEB DEL SISTEMA D'INFORMACIÓ

L'aplicació web es el tercer nivell funcional del Sistema d'Informació Geogràfica, on es presenten els resultats i on l'usuari, mitjançant la interfície web, interactua i es comunica amb el sistema. Des de la interfície d'usuari es pot visualitzar la informació que integra el SIG, formular consultes, activar operacions, generar cartografia i altres esdeveniments o accions segons la funcionalitat de l'aplicació web.

4.1. Definició

Una aplicació web és una aplicació a la que s'accedeix i amb la que s'interactua utilitzant com a client un navegador web a través d'internet. Un navegador web és un programa informàtic que permet a l'usuari recuperar documents escrits amb HTML (Hyper Text Markup Language), llenguatge dissenyat per estructurar i construir documents per a la web.

Una aplicació web, doncs, és una aplicació que consumeix serveis remots que obté d'altres ordinadors anomenats servidors. Els servidors ofereixen recursos de tot tipus, com ara dades, solucions de programació o recursos de software, perquè el client en tregui un rendiment i un profit. Un servidor web respon a qualsevol petició que se li faci a través del navegador web, generant una resposta en forma de pàgina web. Aquesta relació establerta es coneix com arquitectura client-servidor.

Per crear l'estructura de l'aplicació web s'ha utilitzat el llenguatge HTML, que permet elaborar pàgines web, juntament amb CSS (Cascading Style Sheets), un llenguatge de disseny gràfic que serveix per generar i definir l'estil i la presentació de les interfícies d'usuari de les aplicacions web. Per crear l'aplicació pròpiament dita i la seva funcionalitat s'ha utilitzat el llenguatge de programació JavaScript, llenguatge basat en objectes que s'integra dins de l'estructura HTML i permet crear pàgines web. En l'àmbit web, JavaScript s'utilitza com a llenguatge del costat del client, el que significa que els scripts s'executen al navegador web, implementant així millores en la interfície d'usuari i pàgines web dinàmiques.

Per al desenvolupament d'aquesta aplicació s'han utilitzat uns elements anomenats JavaServer Pages (JSP), que és una tecnologia basada en el llenguatge Java que permet crear pàgines web dinàmiques. Aquesta tecnologia s'ha utilitzat per fer les crides a la base de dades i obtenir resultats. Per poder utilitzar-la, però, s'ha integrat tota la informació i tots els arxius relacionats amb la creació i el desenvolupament de l'aplicació dins del servidor web Apache Tomcat, que actua com a contenidor de servlets, que són classes en el llenguatge de programació Java, és a dir, plantilles per crear objectes i representar entitats.

4.2. Anàlisi de requeriments

L'aplicació que s'ha elaborat consisteix en un visor web de l'àrea de Catalunya on poder visualitzar, consultar i gestionar la Xarxa d'estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA). L'aplicació web ha de ser una eina útil on poder visualitzar la informació de manera àgil i on poder consultar les dades tècniques de les entitats així com generar la ruta òptima entre elles. Principalment, l'aplicació web ha de servir per a facilitar el manteniment de les estacions meteorològiques, així que aquesta eina permet desplaçar-se per les instal·lacions de tot l'àmbit català i consultar-ne la informació i les dades de manera ràpida i senzilla.

Els requeriments específics de l'aplicació web s'han definit a partir de les entrevistes amb els tècnics i enginyers de l'empresa que gestiona i realitza el manteniment de les estacions. S'han identificat els següents requeriments:

- Visualitzar en un entorn interactiu la distribució espacial dins del territori català de les estacions meteorològiques, així com ser una eina d'ajuda per a la consulta ràpida i dinàmica de la informació sobre la composició de les mateixes.
- Els elements amb representació espacials que es visualitzen al visor web estan vinculats a una base de dades espacial, el que ha de permetre consultar les dades de cada entitat mitjançant un pop-up o finestra. Aquesta estructura funcional representa un valor afegit a l'aplicació, ja que permet un anàlisi àgil i ràpid de les dades.
- L'aplicació web ha de permetre la georeferenciació de totes les entitats; en aquest cas es realitza mitjançant la seva denominació. Tot l'àmbit del mapa està georeferenciat al sistema de coordenades ETRS89, pel que es poden visualitzar les coordenades de qualsevol punt del mapa.
- El visor web ha d'incorporar tota la funcionalitat pròpia d'una aplicació cartogràfica interactiva: zoom in, zoom out, zoom a selecció, extensió predeterminada, vista a pantalla completa, mapa de conjunt i cercador. També ha d'incorporar tots els elements propis d'un mapa: marc del mapa, llegenda, capçalera, escala gràfica, coordenades, etc.
- A l'aplicació web s'hi ha afegit una eina que permet canviar el mapa base que es visualitza, amb l'objectiu d'obtenir més o diferent informació del territori, ja que els dos mapes que es poden seleccionar contenen informació diferent. Les bases cartogràfiques són d'àmbit mundial, així que es pot visualitzar la informació cartogràfica de qualsevol indret del món. També hi ha l'opció de visualitzar la imatge satèl·lit o ortofoto, amb l'objectiu d'identificar la posició exacta de les estacions, ja que les rutes sovint arriben fins on permet la xarxa viària. Si, per exemple, l'estació està al mig d'un camp o d'una parcel·la rural, la ruta

finalitzarà a la carretera més pròxima. Amb l'opció de visualitzar l'ortofoto es podrà localitzar fàcilment la ubicació exacta de l'estació.



Imatge 4.1. Amb la imatge aèria es pot localitzar fàcilment la ubicació de l'estació

- L'aplicació ha de permetre calcular la ruta més ràpida entre estacions, de manera que els operaris puguin obtenir ràpidament el traçat més òptim per desplaçar-se entre elles. L'aplicació genera les direccions a seguir, el temps total i la distància entre l'estació origen i l'estació destí.
- Finalment, l'aplicació web ha de permetre aplicar filtres a les estacions meteorològiques, seleccionant així només aquelles que compleixin certs requisits, com per exemple, tenir una sensors d'una marca i un model determinats o seleccionar només aquelles que es trobin en una comarca determinada.

4.3. Disseny funcional

L'aplicació web s'ha dissenyat de manera que el mapa de les estacions meteorològiques ocupi el màxim espai possible de la pantalla, per facilitar així la visualització de tot l'àmbit català, al mateix temps que proporciona un aspecte més atractiu al visor. A més del mapa, el visor web incorpora un espai destinat especialment a visualitzar la informació i les dades de les estacions meteorològiques i un altre destinat al càlcul de rutes i a l'aplicació dels filtres.

Per poder inserir tota la informació en poc espai s'han utilitzat els HTML Tabs o pestanyes, ja que es una manera d'agrupar informació mantenint una estructura clara i diferenciada, però que al mateix temps ajuda a l'usuari a distingir els diferents grups de continguts i el subgrups que aquests puguin tenir.



Figura 4.1. Disseny funcional del visor web

Les pestanyes o tabs de la secció de les estacions meteorològiques contenen la informació de les mateixes diferenciada en tres grups, segons s'han definit els continguts del treball en el punt 2.3 de la present memòria: la informació general, els sensors meteorològics i els components tècnics. Aquesta informació no apareix fins que no es selecciona una estació del mapa.

El càlcul de les rutes òptimes i l'aplicació de filtres són les dues pestanyes de la part inferior esquerra. Al seleccionar una s'anul·la automàticament l'altra, ja que sinó l'aplicació pot fallar i generar conflictes en el seu funcionalment. D'aquesta manera s'eviten errors en l'aplicació, ja que al seleccionar la pestanya de consultes per selecció s'esborra automàticament la ruta que hi pugui haver al mapa i, a l'inrevés, la selecció feta s'esborra en el moment d'iniciar el càlcul de rutes.

En el desenvolupament d'aquesta aplicació s'ha prioritzat per sobre de tot que sigui ràpida, àgil i robusta, de manera que un operari pugui fer moltes consultes seguides sense que l'aplicació perdi rendiment ni solidesa. Així doncs, l'aplicació permet fer moltes consultes seguides, canviant la selecció de l'estació, canviant l'origen i el destí de les rutes i aplicant diferents filtres sense perdre rapidesa ni agilitat.

4.4. Software utilitzat

La implementació de l'aplicació web s'ha realitzat mitjançant l'ús de varies tecnologies que s'han combinat entre sí per aconseguir la màxima fiabilitat i rendiment de l'aplicació. Com ja s'ha indicat anteriorment, tots els softwares, tecnologies o frameworks que s'han utilitzat són de codi obert, de manera que estan a l'abast de tothom. A continuació es mostra el llistat dels programes i les tecnologies que s'han utilitzat per crear l'aplicació web, la seva descripció i la seva funció:



Figura 4.2. Logos dels softwares utilitzats

- **Apache Tomcat:** és un software de codi obert que funciona com un contenidor web que dona suport a les tecnologies de Java Servlets i de Java ServerPages, proporcionant un entorn per al codi Java que s'executa en cooperació amb un servidor web. Dit d'una altra manera, és un servidor web que s'instal·la en un ordinador i des d'on es desenvolupen i s'executen aplicacions web que utilitzen específicament aplicacions Java. Els servlets són classes en el llenguatge de programació Java, és a dir, plantilles per crear objectes i representar entitats, en canvi, JavaServer Pages és una tecnologia per crear pàgines web dinàmiques. Tot aquest projecte s'ha muntat dins un contenidor Apache Tomcat.
- **Geoserver:** és un servidor web de codi obert escrit en llenguatge de programació Java que permet servir mapes i dades espacials tant a clients web com a clients SIG d'escriptori. Geoserver implementa les especificacions Web Map Service (WMS) i Web Feature Service (WFS), que són serveis estàndards d'intercanvi de dades geogràfiques del Open Geospatial Consortium. Geoserver es pot instal·lar, i així s'ha fet en aquest projecte, en el servidor Apache Tomcat, ja que al ser un servidor escrit en Java es pot empaquetar com un servlet independent i utilitzar-lo mitjançant aquest servidor d'aplicacions. La capa de les estacions meteorològiques s'ha publicat mitjançant Geoserver.
- **Hyper Text Markup Language (HTML):** és un llenguatge dissenyat per estructurar textos i integrar-los en forma d'hipertext (sistema d'organització de la informació que permet moure's per un text i també cap a altres textos utilitzant paraules clau, com per exemple,

els hipervincles). És un format molt utilitzat en l'elaboració i desenvolupament de pàgines web, ja que permet ordenar i estructurar el contingut d'una pàgina web. Mitjançant l'ús d'etiquetes, pot incloure i integrar altres programes o tecnologies, com JavaScript, Ajax, jQuery o PHP.

- **Cascading Style Sheets (CSS):** és un llenguatge que permet definir l'estil, l'aspecte i el format de la presentació d'un document web. S'utilitza principalment per dissenyar pàgines web amb HTML.
- **JavaScript:** és un llenguatge de programació orientat a objectes àmpliament utilitzat en el desenvolupament d'aplicacions i pàgines web, ja que permet realitzar accions complexes i crear continguts nous. És un llenguatge que funciona del costat del client, pel que són els navegadors web els que interpreten el codi. És un llenguatge que es complementa amb HTML i CSS, ja que s'integra a l'estructura dels documents HTML d'es d'on realitza accions i activitats. Aquest fet fa que es superi la limitació que té HTML com a estructura estàtica i es converteixi en una estructura dinàmica que interactua amb l'usuari. L'aplicació web per a la visualització i consulta de les estacions meteorològiques s'ha programat principalment amb JavaScript, així com amb HTML i CSS.
- **Leaflet:** és una llibreria de codi obert escrita en JavaScript per desenvolupar mapes interactius per a la web i compartir dades geogràfiques. Disposa d'una API molt documentada i d'un gran nombre de plugins que permeten desenvolupar mapes amb una gran funcionalitat. Una API (Application Programming Interface) és una interfície de programació d'aplicacions que especifica com han d'interactuar els diferents programes informàtics amb el programa en qüestió. Per desenvolupar el visor web de l'aplicació s'ha utilitzat l'API de Leaflet.
- **Open Street Maps:** en aquest projecte s'ha utilitzat un mapa base d'Open Street Maps, un projecte on tothom pot col·laborar, que es basa en crear mapes usant dades obtingudes mitjançant dispositius GPS.
- **FreeMarker Template Language (FTL):** és una llibreria escrita en Java que serveix per generar plantilles per mostrar textos i dades. Les plantilles estan escrites en el llenguatge FreeMarker, un llenguatge senzill especialitzat en la presentació de dades. Aquesta llibreria s'ha utilitzat per mostrar les dades de les estacions meteorològiques.
- **JavaServer Pages (JSP):** és una tecnologia que permet desenvolupar pàgines web, generat respostes dinàmiques a peticions HTTP (protocol d'intercanvi de documents al web). Aquesta tecnologia serveix per poder incrustar codi Java en estructures estàtiques, així

com amb codi JavaScript, per obtenir continguts i generar contingut interactiu. JSP és una plataforma del costat del servidor, és a dir, una tecnologia que processa peticions d'un usuari mitjançant la interpretació d'arxius en el servidor web. JavaScript, en canvi, és un llenguatge del costat del client. La integració d'ambdós tecnologies permet generar pàgines web dinàmiques amb contingut interactiu. Les peticions de dades a la base de dades des de l'aplicació web s'ha realitzat mitjançant crides JSP.

- **Openrouteservice:** és un planificador de rutes de codi obert que permet generar, a més de rutes, serveis basats en dades d'Open Street Maps que poden ser utilitzats en tot tipus d'aplicacions. A més del servei de rutes, permet geocodificar entitats, generar mapes d'isòcrones i analitzar xarxes de comunicacions. L'eina Openrouteservice disposa d'una API per a desenvolupadors, que és la que s'ha utilitzat per generar les rutes de l'aplicació web.
- **jQuery:** és una llibreria de codi obert de JavaScript que permet simplificar les tasques de programació en aquest llenguatge. Mitjançant jQuery es pot agregar funcionalitats a les pàgines web de manera simple i senzilla, ja que permet agregar moltes funcions amb poques línies de codi, simplificant així la manera d'interaccionar amb els documents HTML. jQuery també permet afegir interacció amb la tecnologia Ajax en pàgines web. Moltes funcions de l'aplicació web s'han escrit amb codi jQuery.
- **Asynchronous Javascript And Xml (Ajax):** és una tecnologia que permet actualitzar els continguts web sense necessitat de tornar a carregar la pàgina. Com el seu nom indica, està escrit en llenguatge JavaScript i, s'utilitza per desenvolupar pàgines web que implementen aplicacions interactives. Asíncron significa que l'emissor envia un missatge i continua amb les seves tasques, sense esperar a rebre la resposta, ja que no sap quan rebrà el receptor el missatge. D'aquesta manera, el servidor i el navegador intercanvien informació que s'emmagatzema en variables JavaScript que després podran ser utilitzades com es vulgui. Les dades del servidor de rutes s'han obtingut mitjançant una petició al servidor amb Ajax.
- **GeoJSON:** és un format estàndard de codi obert mitjançant el qual es poden representar objectes geogràfics i els seus atributs temàtics. Es basa en JavaScript Object Notation, un format de text que permet l'intercanvi ràpid i senzill de dades. Per aquest motiu, és un format molt utilitzat en aplicacions de cartografia en entorns web. La capa de punts de les estacions meteorològiques que permet la geolocalització i els vector que es genera amb les rutes estan en format GeoJSON.
- **Notepad++:** es l'editor de text que s'ha utilitzat per escriure tot el codi de l'aplicació web.

4.5. Càrrega de dades

A l'aplicació web és mostren les següents dades: les estacions meteorològiques, les rutes i les bases cartogràfiques. Totes les dades és carreguen des de l'arxiu *index.html*. Aquest arxiu és la pàgina principal del domini, l'arxiu que el servidor executa per defecte quan carrega el domini, així que es fonamental en la creació de pàgines web. S'entén per domini un nom únic que identifica un lloc web. Al carregar un domini, la pàgina carrega automàticament l'arxiu *index.html*, pel que es pot considerar com la porta d'entrada a un lloc web. Per desenvolupar aquest projecte, s'ha utilitzat com a domini el *localhost*, és a dir, la pròpia computadora.

Des d'aquest arxiu *index.html* s'estructura tota la informació, textos, imatges, enllaços, etc. que es mostrarà a la pàgina web i el seu ordre d'aparició. Així doncs, des de *index.html* és fan les crides per obtenir les dades i carregar-les a la pàgina web.

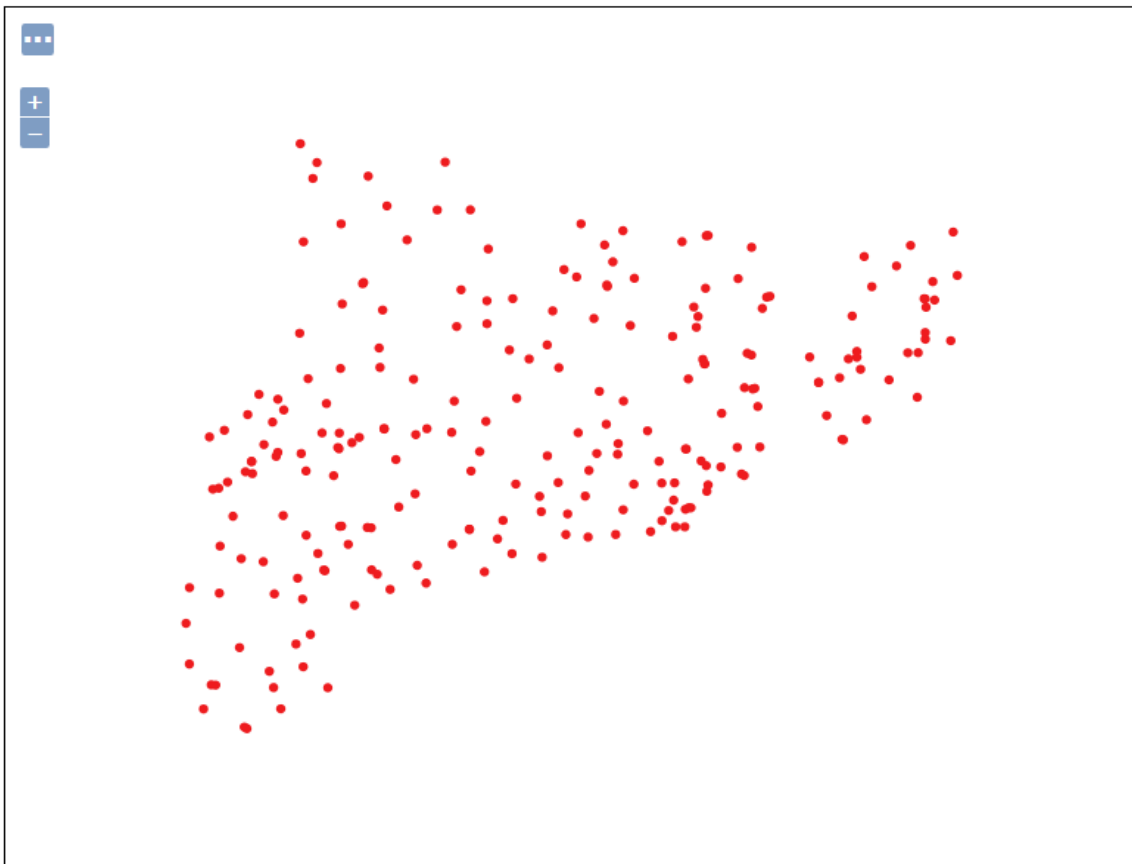
Per poder carregar les estacions meteorològiques al visor web prèviament s'han hagut de publicar amb Geoserver. Com ja s'ha dit anteriorment, Geoserver és un servidor de mapes i de dades espacials molt utilitzat en l'elaboració de mapes web. Geoserver implementa les especificacions Web Map Service (WMS) i Web Feature Service (WFS), que son serveis estàndards d'intercanvi de dades geogràfiques del Open Geospatial Consortium. Les estacions meteorològiques s'han carregat al mapa com un servei WMS mitjançant la llibreria Leaflet. Web Map Service és un servei de mapes a través del navegador web que es són generats per un servidor de mapes a partir de bases de dades SIG.

Geoserver és el servidor de mapes que es connecta a la base de dades del SIG elaborada amb PostgreSQL. A la plataforma Geoserver es crea un espai de treball nou per a cada projecte i, dins l'espai de treball es crea un magatzem de dades des d'on es realitza la connexió a la base de dades. Un cop realitzada la connexió es selecciona la taula de la base de dades que té representació espacial i que es vol publicar en format de capa vectorial i se'n defineix el marc territorial a partir de les coordenades de la taula seleccionada. D'aquesta manera es defineix la capa i l'àrea d'interès a processar, donant forma a la informació geogràfica que es vol publicar.

Paral·lelament a la publicació de la capa amb les entitats geogràfiques, s'ha generat l'estil de la mateixa, és a dir, la simbolització de les entitats. En aquest projecte, al tractar-se d'una capa de punts, només s'han definit aspectes com el color dels punts, la mida, les escales en que apareix o desapareix la capa, etc.

Per simbolitzar la capa correctament s'ha generat un estil SLD des del software QGIS. L'editor de simbolització SLD serveix per personalitzar serveis WMS. Styled Layer Descriptor (SLD) és un llenguatge estàndard proposat per l'Open Geospatial Consortium que serveix per definir l'estil visual i de simbolització de cada capa d'objectes geogràfics d'un mapa. Aquest estil és pot

crear i definir des de QGIS, guardar-lo en format SLD i posteriorment carregar-lo a Geoserver i vincular-lo a la capa desitjada.



Imatge 4.2. Simbolització de les estacions meteorològiques

Les estacions meteorològiques s'han simbolitzat com una capa de punts de color vermell. Des de QGIS s'han definit varies capes superposades amb rangs d'escala diferents, de manera que segons l'escala del mapa les estacions tinguin una mida o una altra, evitant així que es vegin sobredimensionades o, pel contrari, siguin massa petites. Les capes superposades apareixen i desapareixen segons el rang d'escala que se'ls hi ha definit, amb l'objectiu de generar una simbolització coherent i uniforme, on els punts tinguin sempre una mida similar i s'integrin correctament al mapa. A partir de l'escala 1:10000000 els punts desapareixen, ja que les estacions són pràcticament imperceptibles i no té cap sentit mantenir la seva simbolització.

Un cop simbolitzada la capa es carrega a l'aplicació web com un servei WMS mitjançant el plugin *leaflet.wms* escrit en Javascript, que permet fer consultables els arxius WMS, que de l'altra manera només serien imatges georeferenciades que no permetrien l'opció de consultar la informació de les entitats. Primer cal descarregar el plugin de l'API de Leaflet, desar-lo dins la carpeta de l'aplicació a Apache Tomcat i després cridar-lo des de l'arxiu *index.html*, tal i com s'indica amb el següent codi:

```
<script src="js/leaflet.wms.js"></script>
```


La capa es publica mitjançant la classe `L.WMS.source`, que permet accedir a les seves dades. `L.WMS.Source` genera una capa de Leaflet, que inclou una funció d'identificació que pot cridar al servei *GetFeatureInfo* de WMS per consultar una capa del mapa i retornar informació sobre les característiques d'aquesta.

En primer lloc cal crear una variable per a la classe `L.WMS.source` on s'especifica la URL del WMS i, tot seguit s'utilitza el mètode `.getLayer` per indicar la capa WMS sobre la que farem la consulta, en aquest cas la capa "estmet" que hem creat a Geoserver. Un cop afegida la capa al mapa ja serà una capa que es podrà visualitzar i consultar al visor web.

```
source = L.wms.source( "http://localhost:8080/geoserver/wms",
  {
    "format": "image/png",
    "transparent": "true",
    "info_format": "text/html",
    "cql_filter": "estmet_cd > 0"
  }
);
estacionswms = source.getLayer("estmet");
estacionswms.addTo(map);
```

Figura 4.3. Codi utilitzat per carregar la capa d'estacions meteorològiques al mapa web

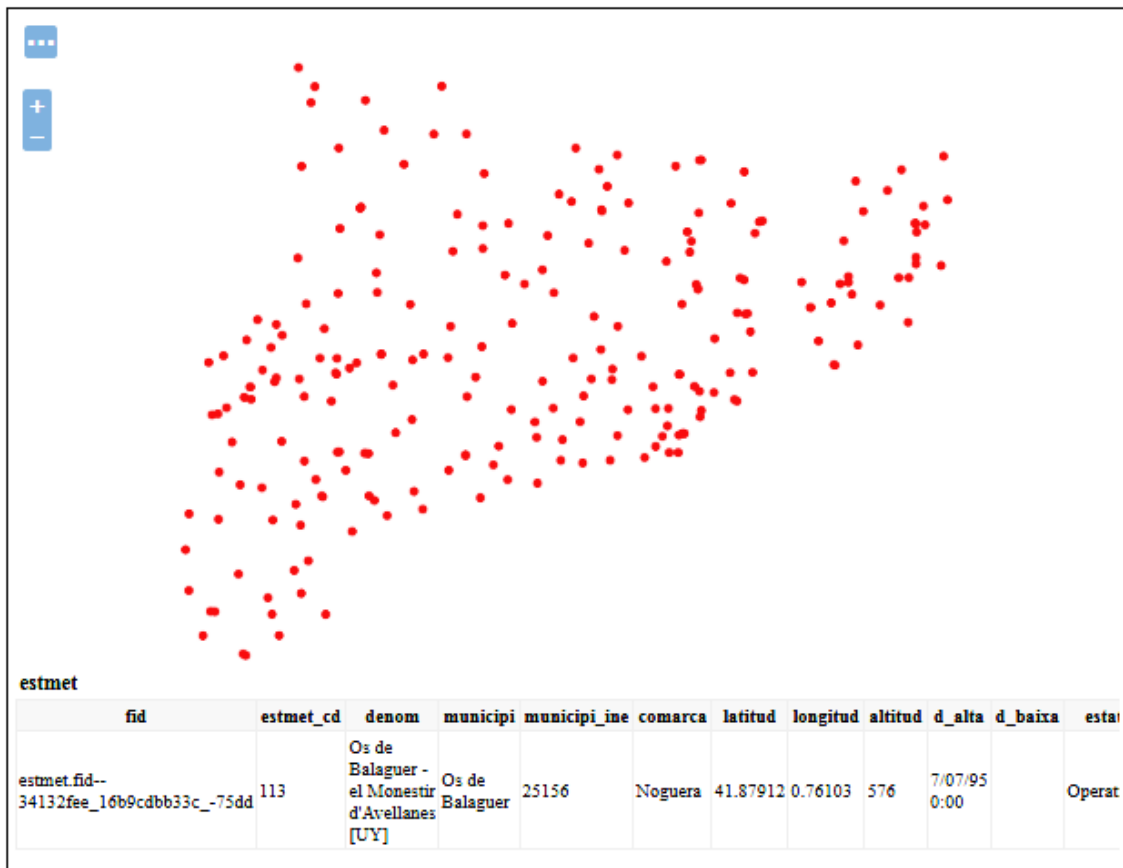
L'operació *GetFeatureInfo* de WMS està dissenyada per retornar els atributs d'entitats que s'han consultat en un mapa en format HTML, entre altres formats. Mitjançant aquesta operació l'aplicació web pot mostrar les dades de la capa d'estacions meteorològiques on es desitgi dins del Document Object Model (DOM), que es la interfície de programació d'aplicacions d'HTML.

En el codi del plugin de *leaflet.wms* s'ha d'especificar en quin *div* o recipient del document HTML es voldrà que aparegui la informació que retorna l'operació *GetFeatureInfo*; en aquest cas el pop-up o finestra amb les dades de les estacions apareixerà en el *div* anomenat "cos21". Un element *div* en HTML és un contenidor genèric que s'utilitza per desenvolupar i estructurar els documents web.

```
'showFeatureInfo': function(latlng, info) {
  // Hook to handle displaying parsed AJAX response to the user
  if (!this._map) {
    return;
  }
  document.getElementById("cos21").innerHTML = info;
  //this._map.openPopup(info, latlng);
},
```

Figura 4.4. Codi utilitzat per indicar el contenidor on es mostraran les dades de les estacions

Val a dir que aquesta informació encara no té cap format específic, pel que al seleccionar una estació es mostra la informació com una taula amb les dades de la base de dades. Per donar format a aquestes dades s'ha d'utilitzar l'arxiu *content.ftl*, en el que es defineix la forma i l'estructura que tindrà la informació quan es mostri. Aquest procés s'explica en el següent apartat de la memòria, on s'exposen les tasques d'implementació de l'aplicació.



Imatge 4.3. Consulta de les dades de les estacions meteorològiques a Geoserver

La capa WMS de les estacions meteorològiques es visualitza superposada amb els mapes web, és a dir, amb les bases cartogràfiques on es mostra la informació del territori. Es poden visualitzar dues bases cartogràfiques diferents més una ortofoto, tots tres mapes amb una escala d'àmbit mundial. Les bases cartogràfiques s'han carregat al visor web utilitzant la llibreria Leaflet.

```
var lfl = L.tileLayer('https://api.tiles.mapbox.com/v4/{id}/{z}/{x}
name: 'lfl',
id: 'mapbox.streets'
});
var osm = L.tileLayer('http://{s}.tile.osm.org/{z}/{x}/{y}.png', {
name: 'osm',
});
var orto = L.tileLayer('http://server.arcgisonline.com/ArcGIS/rest/
name: 'orto',
});
```

Figura 4.5. Codi per afegir capes al mapa

Mitjançant l'ús de variables s'emmagatzema la URL del mapa en una classe *L.tileLayer*, que es la que ens permet afegir capes al visor web. Un cop tenim les variables definides que ja contenen la URL del mapa es criden des de la funció inicial que defineix els paràmetres bàsics del mapa web, com ara el contenidor HTML on es mostrarà, la base cartogràfica que s'utilitza d'inici, les coordenades, l'escala o nivell de zoom, etc.

```
function initMap() {
  map = L.map('mapid', {
    layers: lfl,
    center: [41.7, 1.8],
    zoom: 8,
    coordinateControl: true,
    defaultExtentControl: true,
    fullscreenControl: true,
    measureControl: true,
  });
}
```

Figura 4.6. Codi per començar a generar un mapa amb Leaflet

Amb les classes de Leaflet *L.control.layers* i *L.control.overview* es programa l'eina que permet canviar de base cartogràfica i seleccionar una o altra segons es desitgi. Aquest punt s'explicarà en el següent apartat, on s'exposa el procés d'implementació de l'aplicació.

A l'aplicació web també es mostren les dades dels sensors i els components tècnics de les estacions i també les dades dels punts origen i destí de l'eina per generar les rutes. Aquestes dades s'obtenen mitjançant crides a JavaServer Pages (JSP), que al seu temps fan crides a la base de dades i n'obtenen resultats.

La càrrega de dades de les estacions meteorològiques es fa mitjançant una connexió a la base de dades des de l'arxiu *sensors.jsp*, que obté tots els registres de la taula *estmet* de la BD. Els noms dels sensors i dels components s'utilitzen com a *button* d'HTML per activar la funció de l'arxiu *index.html* que genera la sol·licitud a l'arxiu *sensors.jsp* per obtenir els registres del sensor o component seleccionat.

El mateix succeeix amb les dades origen i les dades destí del generador de rutes de l'aplicació. Aquestes dades s'obtenen de la connexió a la base de dades que es realitza des de l'arxiu *rutes.jsp*, des d'on s'extreuen les coordenades i el nom de les estacions i es crea un *select* d'HTML per generar el llistat amb les estacions que actuen d'origen i de destí de les rutes. Des de l'arxiu *index.html* es crea el botó per activar la funció que permet traçar la ruta, així com el botó per eliminar-la. Tant aquest procés com el dels sensors i components anteriorment esmentat s'expliquen detalladament en el següent apartat de la memòria, ja que en aquest punt només es pretén indicar com es carreguen les dades a l'aplicació web.

4.6. Implementació de l'aplicació

L'aplicació per consultar i gestionar les estacions meteorològiques s'ha implementat amb el software de codi obert Apache Tomcat, que és un contenidor de servlets que funciona per sí sol com un servidor web però que, a més a més, afegeix suport de Java Servlets i de JavaServer Pages (JSP). Per poder treballar i programar amb Java primer s'ha d'instal·lar aquest software open source a la computadora, pel que es necessari descarregar-se un instal·lador JDK (Java Development Kit), que és un paquet amb eines, documentació i exemples per desenvolupar aplicacions Java. Un cop instal·lat aquest paquet s'ha de configurar la variable d'entorn Java_HOME a la configuració avançada del sistema operatiu de la computadora perquè Java pugui funcionar. JAVA_HOME és una variable d'entorn del sistema que informa al sistema operatiu sobre la ruta on es troba instal·lat Java, pel que es necessari indicar-li la direcció on s'ha desat l'instal·lador JDK.

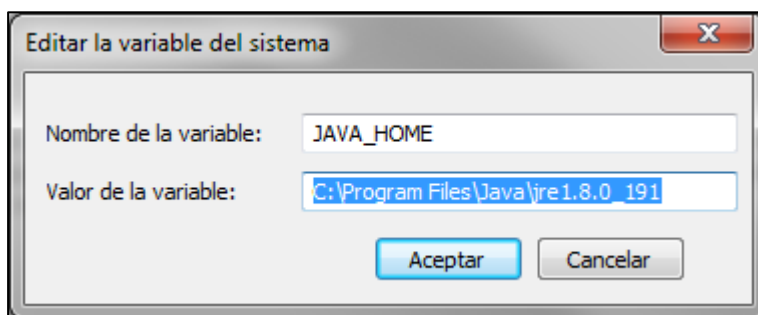


Figura 4.7. Directori on es trona instal·lat Java

Un cop instal·lat Java a l'ordinador ja es pot treballar amb Apache Tomcat, per tant, s'ha de descarregar el programa i instal·lar-lo a la computadora. Apache Tomcat és un software que permet processar aplicacions del costat dels servidor, és a dir, aplicacions o programes que necessiten ser processats per un servidor web per realitzar alguna acció. Dins d'Apache Tomcat s'hi troba la següent jerarquia de directoris:

📁	apache-tomcat-8.5.35 ▶	
📁	bin	→ Per arrancar Tomcat, tancar-lo i executar altres scripts
📁	conf	→ Fitxers necessaris per la configuració de Tomcat
📁	lib	→ Directori que conté els arxius Java que utilitza el servidor
📁	logs	→ On queden gravats els arxius de comportament del sistema
📁	temp	→ Directori que conté els fitxers temporals
📁	webapps	→ Directori on es despleguen les aplicacions i els arxius .war
📁	work	→ On els JSP es compilen per convertir-se en Servlets

Figura 4.8. Directoris dins d'Apache Tomcat

Els arxius WAR (Web Application Archive) són arxius que contenen aplicacions web empaquetades. Són arxius comprimits que contenen un codi basat en Java i que poden

executar-se en alguns servidors, en aquest cas en el servidor d'Apache Tomcat. Per desenvolupar aquest projecte s'ha descarregat l'arxiu Geoserver.war i s'ha desat a la carpeta webapps de les aplicacions. Aquest arxiu permet instal·lar l'aplicació Geoserver dins d'Apache Tomcat, de manera que al crear un espai de treball a Geoserver aquest es desarà en el directori de Geoserver dins d'Apache Tomcat, on s'haurà de desat l'arxiu *content.ftl* en el que es definirà i s'estructurarà la informació de les estacions meteorològiques.

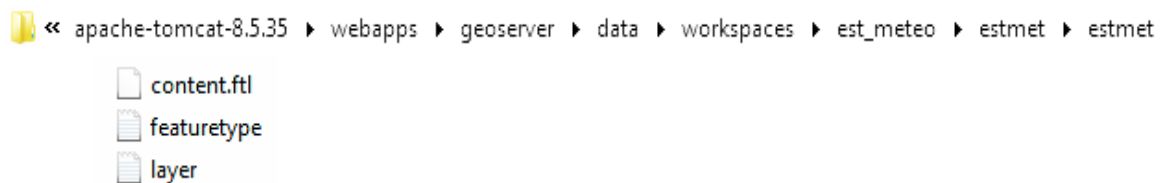


Figura 4.9. Directori on s'ha de desat l'arxiu *content.ftl*

Un cop instal·lat Geoserver dins d'Apache Tomcat es pot començar a implementar l'aplicació web. El primer pas és crear una carpeta dins del directori webapps de les aplicacions, en aquest cas anomenada "Estacions", on s'aniran desant tots els arxius, documents i imatges necessaris per al desenvolupament de l'aplicació. El primer arxiu que cal crear és l'*index.html*, a partir del qual s'anirà estructurant tota l'aplicació web i des d'on es publicarà la capa de les estacions meteorològiques al visor web.

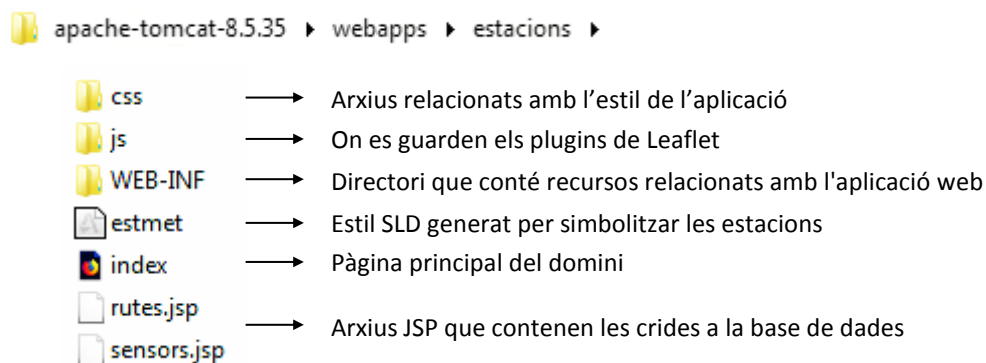


Figura 4.10. Arxius i carpetes que s'hauran generat al finalitzar l'aplicació de les estacions meteorològiques

Per poder exposar de la manera més entenedora i clara possible el procés d'implementació de l'aplicació s'ha dividit l'explicació en diferents parts, amb l'únic propòsit d'estructurar els continguts d'aquest apartat de la memòria amb l'objectiu d'ordenar el procés descriptiu d'implementació d'una aplicació web, ja que aquest pot ser feixuc i complicat. Per aquest motiu s'ha dividit l'explicació en quatre parts diferents, una per cada funció que pot realitzar l'aplicació: una per la consulta de les dades de les estacions meteorològiques, una per les rutes òptimes, una per les consultes per selecció i, una on s'engloben totes les funcions interactives i plugins de l'aplicació web.

4.6.1. Estacions meteorològiques

Un cop instal·lats els softwares necessaris s'inicia la programació de l'aplicació web mitjançant l'arxiu *index.html*. El primer pas és crear el mapa amb la llibreria Leaflet, carregar les bases cartogràfiques, definir l'àmbit territorial, el zoom inicial i la mida del mapa dins la interfície d'usuari. A continuació es publica la capa de les estacions meteorològiques per poder visualitzar-les al mapa.

El primer objectiu de l'aplicació és poder visualitzar la informació sobre la composició tècnica de les estacions meteorològiques, així que és per on s'ha començat i la primera funció específica que l'aplicació ha de satisfer. Com s'ha vist anteriorment, l'estructura i la composició de l'estil de visualització de les dades de les estacions es defineix a l'arxiu *content.ftl*. Aquest arxiu és una plantilla que proporciona Geoserver que permet editar la resposta que es rep de la petició *GetFeatureInfo*, és a dir, una plantilla que serveix per modelar l'estructura i l'estil de la resposta que es rebrà un cop feta aquesta petició al servidor. *GetFeatureInfo* és una petició estàndard de Web Map Service (WMS) que permet recuperar informació sobre les capes que es mostren al mapa i les seves funcions. Al clicar sobre alguna entitat de la capa WMS s'envia una petició de consulta al servidor que aquest retorna amb una taula estàndard normalment en format XML (Extensible Markup Language), un llenguatge d'etiquetes àmpliament utilitzat en pàgines web. Mitjançant *content.ftl* es pot editar aquesta resposta i convertir la informació en taules HTML que es mostraran a la pàgina web.

L'arxiu *content.ftl* es troba inicialment dins el directori d'arxius de l'aplicació Geoserver. Aquest arxiu s'ha de col·locar dins la carpeta corresponent a l'espai de treball que s'hagi creat per al projecte a Geoserver, en aquest cas, s'ha de col·locar dins la carpeta de l'espai de treball de les estacions meteorològiques (veure figura 4.11). Per poder iniciar un projecte amb Geoserver s'ha de crear un espai de treball a l'aplicació, dins el qual es crearà un magatzem de dades on s'aniran publicant les capes d'informació desitjades. Tot aquest procés genera automàticament les seves respectives carpetes al directori d'espais de treball (workspaces) de l'aplicació Geoserver. Per poder començar a estructurar i editar la resposta a la petició *GetFeatureInfo* s'ha de col·locar l'arxiu *content.ftl* a la carpeta que s'ha generat al crear la capa de les estacions meteorològiques.

Les plantilles *content.ftl* es creen i s'editen amb l'eina Apache FreeMarker, una llibreria de Java que serveix per generar textos de sortida en forma de plantilles. Per escriure les plantilles s'utilitza FreeMarker Template Language (FTL), un llenguatge especialitzat en l'elaboració d'aquestes. Així doncs, a més de l'arxiu *index.html*, tenim també l'arxiu *content.ftl*, que servirà per mostrar la informació de les estacions segons les necessitats o exigències del projecte. Als documents que acompanyen la memòria si pot consultar el codi de l'arxiu *content.ftl*.

En aquest cas, al voler mostrar un gran volum d'informació en molt poc espai, s'ha optat per utilitzar pestanyes o tabs d'HTML, amb l'objectiu de mostrar totes les dades en un mateix espai. La programació de tabs d'HTML permet optimitzar els recursos, ja que les dades s'aniran mostrant en un mateix espai segons la pestanya que es seleccioni. Cada pestanya va vinculada a un *div* o contenidor HTML i, aquests contenidors sempre ocuparan el mateix espai, uns sobre els altres, mostrant-se primer el que tingui la pestanya seleccionada. Aquest mètode és molt útil per estructurar la informació de manera ordenada, ja que es pot accedir a tots els blocs d'informació de manera senzilla i dinàmica.

S'han definit tres pestanyes o blocs d'informació a mostrar: la informació general, els sensors meteorològics i els components tècnics. Dins la pestanya de la informació general s'hi mostren tots aquells registres de la taula *estmet* de la base de dades que contenen informació de caràcter general. Per tal de visualitzar la informació de manera atractiva i clara s'han escrit manualment els noms dels camps a mostrar, com el codi d'estació o el nom i, s'ha obtingut el valor de la taula *estmet* a mostrar utilitzant la sintaxi de FTL. L'arxiu *content.ftl* integra sintaxi HTML, sintaxi Java i expressions pròpies del llenguatge FTL.

```
<div id="content-1">
  <button class="info"><b>Codi de l'estació:</b> ${feature.estmet_cd.value} </button><br>
  <button class="info"><b>Nom:</b> ${feature.denom.value} </button><br>
  <button class="info"><b>Municipi:</b> ${feature.municipi.value} </button><br>
  <button class="info"><b>Codi INE:</b> ${feature.municipi_ine.value} </button><br>
  <button class="info"><b>Comarca:</b> ${feature.comarca.value} </button><br>
  <button class="info"><b>Latitud:</b> ${feature.latitud.value} </button><br>
  <button class="info"><b>Longitud:</b> ${feature.longitud.value} </button><br>
  <button class="info"><b>Altitud:</b> ${feature.altitud.value} </button><br>
  <button class="info"><b>Data d'alta:</b> ${feature.d_alta.value} </button><br>
  <#if feature.estat.value == "Desmantellada" >
  <button class="info"><b>Data de baixa:</b> ${feature.d_baixa.value}</button><br>
  </#if>
  <button class="info"><b>Estat:</b> ${feature.estat.value} </button><br>
```

Figura 4.11. Llenguatge FTL per mostrar la informació general de les estacions

El *div* "content-1" és el contenidor seleccionat per mostrar la informació general de les estacions. En ell s'escriu els noms dels camps i és crida al valor de cada camp de la capa d'estacions meteorològiques publicada amb Geoserver. En llenguatge FTL s'utilitza l'expressió $\${...}$ com a mètode per cridar les variables, en aquest cas els valors de la capa (*feature values*).

```
<button class="info"><b>Codi de l'estació:</b> ${feature.estmet_cd.value} </button><br>
```

Element tipus botó
Cadena de text en negreta
Sintaxi per obtenir els valors
Salt de línia

Figura 4.12. Codi FTL per obtenir valors de la capa d'estacions meteorològiques

En el cas de la informació general, els *button* no generen cap acció, no tenen cap funció associada, com si que les tenen els noms dels sensors i dels components, com veurem més endavant.

Mitjançant l'ús del condicional *if* es poden aplicar condicions perquè apareguin certes dades o, pel contrari, no siguin dades visibles en l'aplicació web. Per exemple, en el cas de la informació general s'ha generat aquesta condició, amb la que s'aconsegueix que només aparegui el camp "data de baixa" si el valor del camp "estat" és "desmantellada". Així, si una estació ha estat desmantellada, apareixerà la data en que això es va produir, però si l'estació segueix operativa aquest camp no apareixerà al visor web.

```
<#if feature.estat.value == "Desmantellada" >
<button class="info"><b>Data de baixa:</b> ${feature.d_baixa.value}</button><br>
</#if>
```

Figura 4.13. Codi FTL per aplicar condicions a la consulta de dades

A l'arxiu *content.ftl* es defineixen també els continguts del "content-2", on aniran els sensors meteorològics i, del "content-3", on aniran els components tècnics de l'estació. Al no estar tots els sensors a totes les estacions meteorològiques s'han d'aplicar condicions perquè apareguin o no els sensors en el moment de consultar la composició d'una estació determinada. Per exemple, es defineix com a condició perquè aparegui el sensor de temperatura que la marca del sensors sigui igual a les marques definides a la base de dades per als sensors de temperatura. Si no coincideixen no apareixerà el sensor de temperatura en el llistat de sensors de la estació meteorològica seleccionada. En el "content-3" es fa el mateix amb el llistat de components. Una altra condició que s'ha aplicat és que només apareguin les pestanyes de "sensors" i de "components" si l'estació està operativa, ja que si ha estat desmantellada tota aquesta informació ha desaparegut.

A les pestanyes dels sensors meteorològics i dels components tècnics s'incorpora l'ús de funcions, ja que en aquests casos els noms tant de sensors com de components actuen alhora com a *button* que activa la funció definida a l'arxiu *index.html* que genera la consulta a la base de dades mitjançant una petició amb JavaServer Pages (JSP) definida a l'arxiu *sensors.jsp*.

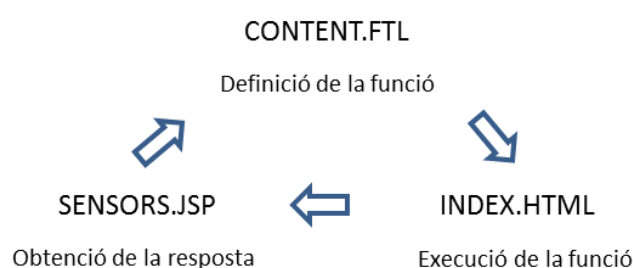


Figura 4.14. Interacció entre els diferents arxius de l'aplicació web

A l'arxiu *content.ftl* es creen els *button* utilitzant els noms dels sensors i es defineix la funció que aquests botons han d'activar, establint-ne els paràmetres. S'han creat dues funcions, una pel sensors i, una altra per als components tècnics. Es pot consultar el codi complet dels arxius *content.ftl* i *sensors.jsp* en els documents que acompanyen la memòria.



Figura 4.15. Els noms dels sensors i dels components definits a l'arxiu *content.ftl* són els botons que activen la funció que genera la consulta JSP a la base de dades del sistema d'informació geogràfica

Les funcions que activen el JSP i generen la consulta a la base de dades s'executen des de l'arxiu *index.html*, on s'estructuren els procediments i es donen les instruccions que permeten comunicar-se amb l'arxiu *sensors.jsp* on s'ha definit la consulta a la BD.

```

contingutprevi="";
contingutprevi2="";

function sensor(estacio,sens) {
contingutprevi = $('#content-2').html();
$('#content-2').load("sensors.jsp?name="+estacio+"&sensor="+sens);
}

function comp(estacio,compo) {
contingutprevi2 = $('#content-3').html();
$('#content-3').load("sensors.jsp?name="+estacio+"&comp="+compo);
}

```

Figura 4.16. Funcions per obtenir els registres de la base de dades

Al activar aquestes funcions es carrega als *div* "content-2" i "content-3" les dades sobre el sensor o el component seleccionat, utilitzant com a paràmetres el codi d'estació i el nom del sensor o del component respectivament, tal i com s'ha definit a l'arxiu *content.ftl*. Per simplificar el codi i facilitar les tasques de programació s'ha utilitzat la llibreria jQuery per generar aquestes funcions. Com ja s'ha indicat anteriorment, jQuery és una llibreria de Javascript de codi obert que permet simplificar la manera com s'interacciona amb els documents HTML. Per utilitzar-la prèviament s'ha de cridar a la llibreria des de *index.html*.

Per poder utilitzar la tecnologia JSP primer s'ha d'instal·lar el driver de Java que serveix per poder fer connexions entre els arxius JSP i la base de dades PostgreSQL. Un driver és un controlador de dispositiu que serveix perquè el sistema operatiu de la computadora reconegui el dispositiu en qüestió i li permeti interactuar amb el hardware de l'ordinador.

Per poder instal·lar el driver primer s'ha de crear la carpeta "WEB-INF" dins del projecte "Estacions", ja que aquesta carpeta és el directori que conté tots els recursos relacionats amb l'aplicació web que no s'han de col·locar en el directori arrel i que no han de servir-se al client, doncs la seva funció és de configuració interna de l'aplicació i de permetre'n el bon funcionament. En aquest directori també es col·loca l'arxiu *web.xml*, on s'estableix la configuració de l'aplicació web. Dins de la carpeta "WEB-INF" s'ha de crear la carpeta "lib", on es desen els arxius Java que l'aplicació necessita per funcionar i, on s'ha de guardar el driver que proporciona l'accés a la base de dades PostgreSQL.



Figura 4.17. Directori on s'ha de desar el driver

Un cop instal·lat el driver ja es pot accedir a la base de dades des d'una JavaServer Pages. Per realitzar la connexió es necessari crear un arxiu JSP, en aquest cas anomenat *sensors.jsp*, en el que cal indicar els diferents paràmetres de la connexió. Es pot descarregar un model de connexió JSP a base de dades PostgreSQL d'Internet, ja que al ser tot aquest software de codi obert se'n pot trobar el codi amb facilitat.

```
try {
    String driver = "org.postgresql.Driver";
    String url = "jdbc:postgresql://localhost:5432/estmet";
    String username = "postgres";
    String password = "postgres";
    String myDataField = null;
    String myQuery = "select * from public.estmet where estmet_cd= '"+ request.getParameter("name") +'";
    Connection myConnection = null;
    PreparedStatement myPreparedStatement = null;
    ResultSet myResultSet = null;
    Class.forName(driver).newInstance();
    myConnection = DriverManager.getConnection(url, username, password);
    System.out.println("Opened database successfully");
    myPreparedStatement = myConnection.prepareStatement(myQuery);
    ResultSet rs = myPreparedStatement.executeQuery();
}
```

Figura 4.18. Definició dels paràmetres de connexió JSP a la base de dades

Els principals paràmetres a definir són el driver que s'utilitza, l'adreça de la connexió a la base de dades PostgreSQL, l'usuari i la contrasenya i, la consulta que es realitza a la base de dades, és a dir, les dades que es volen obtenir. En aquesta petició a la base de dades s'està seleccionant tots els registres de la taula *estmet* que tinguin valor en el registre *estmet_cd* i s'està demanat que de tots aquests en retorni el paràmetre "name", és a dir, que retorni el valor d'un paràmetre anomenat "name" que encara no s'ha definit. En aquest punt es defineix l'estructura de la consulta, és a dir, la petició que es farà a la BD, però encara no s'ha establert quin és el paràmetre "name", ja que això s'indica des de les funcions que s'executen a l'arxiu *index.html*. El mètode "request.getParameter()" retorna un paràmetre de la *request*, que en programació Java és l'objecte amb la informació que es rep des del navegador web i un objecte capaç d'emmagatzemar informació.

Un cop s'activen les funcions per consultar les característiques d'un sensor o un component de l'estació els resultats de la petició es mostren en els *div* o contenidors indicats, però amb el nom original dels registres de la base de dades, és a dir, els alies o noms clau definits en el moment de crear la BD. Per evitar això s'ha generat un seguit de condicionals, on s'indica, per exemple, que si apareix el nom "logger_ma" que fa referència a la marca del Data Logger es canviï per el nom "Marca" en mostrar-se al visor web. D'aquesta manera la informació apareix a la interfície d'usuari d'una manera molt més lògica i entenedora.

Per tal de poder enllaçar consultes s'ha creat un botó des de l'arxiu *sensors.jsp*, simbolitzat amb una fletxa, amb la seva respectiva funció que permet tornar al contingut previ, per poder seleccionar un altre sensors o un altre component de l'estació i permetre així una recerca interactiva àgil i ràpida. Per això es necessari primer definir quin és el contingut previ (veure figura 4.18) i després definir la funció perquè s'executi l'acció. Per veure el codi complet es pot consultar els arxius *index.html*, *content.ftl* i *sensors.jsp* que acompanyen la present memòria.



Figura 4.19. Procés de consulta de les especificacions tècniques de les estacions meteorològiques

4.6.2. Rutes òptimes

Un altre aspecte fonamental de l'aplicació web és el generador de rutes òptimes, ja que es un requisit indispensable que ha de satisfer l'aplicació per resultar una eina útil per als operaris de l'empresa. Igual que en el punt anterior, una premissa bàsica en el càlcul de rutes és l'agilitat i la rapidesa en la definició dels traçats entre estacions. L'aplicació ha de permetre generar moltes rutes seguides canviant l'origen i el destí tants cops com es vulgui sense que afecti ni al rendiment ni al bon funcionament d'aquesta.

El primer pas és crear un altre arxiu JavaServer Page, anomenat *rutes.jsp*, mitjançant el qual es farà una connexió a la base de dades PostgreSQL per obtenir les coordenades de les estacions meteorològiques, que serviran per generar els punts origen i destí de les rutes. Els paràmetres de la connexió a la BD són els mateixos que en el cas de les estacions meteorològiques exposat en el punt anterior, exceptuant la informació que es vol obtenir de la base de dades, ja que en aquest cas, mitjançant el següent codi, s'han seleccionat tots els registres de la taula *estmet* i s'han ordenat alfabèticament prenent com a referència el camp "denom" que conté la denominació de les estacions meteorològiques.

```
String myQuery = "select * from public.estmet order by denom";
```

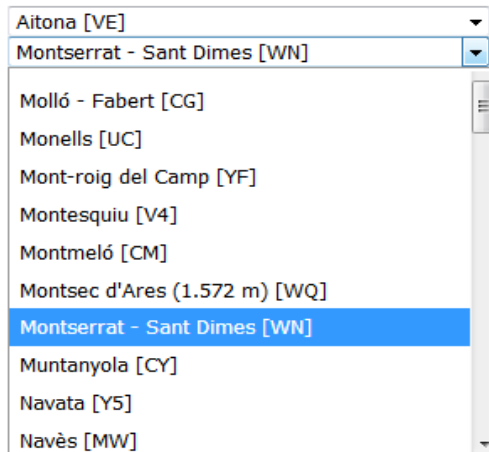
Des del mateix arxiu *rutes.jsp* es crea un menú d'opcions mitjançant un control *select* d'HTML, on les opcions a triar estan representades pels elements *option*, que en aquest cas són totes les ubicacions de les estacions meteorològiques.

```
out.print("<select id='inici'>");
while(rs.next()){
out.print("<option value='"+ rs.getObject(7)+"','"+rs.getObject(6) +'>"+ rs.getObject(2) + "</option>");
}
out.print("</select><br>");
rs.beforeFirst();
out.print("<select id='final'>");
while(rs.next()){
out.print("<option value='"+ rs.getObject(7)+"','"+rs.getObject(6) +'>"+ rs.getObject(2) + "</option>");
}
out.print("</select>");
```

Figura 4.20. Generació del llistats d'estacions que actua com a origen i destí de les rutes

La sentència *out.print* de Java fa referència a les dades que han de sortir en pantalla, és a dir, en aquest cas, el que ha d'aparèixer al visor web. Les opcions del menú que s'està creant són totes les estacions, de les que se n'està agafant el *getObject* número 6, el 7 i el 2, que corresponen a la latitud, la longitud i la denominació respectivament, ja que la denominació és la segona columna de la taula *estmet*, la latitud la sisena i la longitud la setena.

El mètode *rs.getObject* retorna el valor de la columna donada com a objecte Java en les consultes SQL. És un objecte específic de Java quan aquest llenguatge treballa amb bases de dades SQL. Les lletres *rs* fan referència al concepte *Result Set*, que és un conjunt de resultats fruit d'una consulta SQL, pel que és un conjunt de registres obtinguts d'una base de dades. Es pot consultar el codi complet de l'arxiu *rutes.jsp* en els documents que acompanyen la memòria.



Imatge 4.4. Llistats d'estacions obtingut amb la consulta JSP mitjançant el mètode getObject

Un cop generat el menú d'opcions d'origen i destí de les rutes s'ha d'integrar aquest a l'aplicació web. Mitjançant la següent funció amb jQuery es carrega el llistat d'opcions en un *div* o contenidor de l'arxiu *index.html*. En aquest cas el *div* que contindrà l'arxiu *rutes.jsp* s'anomena "cos31", inserint així el llistat generat a la interfície d'usuari del visor web.

```
$('#cos31').load("rutes.jsp");
```

Per generar les rutes es necessari crear una funció a l'arxiu *index.html*, que al activar-la calculi la ruta entre les estacions i en defineix el traçat. Per poder generar les rutes s'ha utilitzat l'eina Openrouteservice, un planificador de rutes de codi obert que ofereix una interfície de programació (API) amb la que programar el generador de rutes utilitzant una URL a la que si ha d'afegir les coordenades de les estacions meteorològiques com a inici i final de les rutes. Com es pot veure en el codi utilitzat per generar el traçat de la ruta, s'ha d'afegir a la URL que ens proporciona Openrouteservice el valor del *div* "inici" i del *div* "final", és a dir, les coordenades de l'estació origen i de l'estació final.

```
...&start='+document.getElementById("inici").value+'&end='+document.getElementById("final").value;
```

Aquesta URL genera un arxiu GeoJSON amb el traçat i les direccions de la ruta, que conté totes les dades de la mateixa, com número de segments, distància total i de cada segment, temps total, etc.

GeoJSON és un format estàndard de codi obert dissenyat per representar elements geogràfics vectorials, és a dir, punts, línies i polígons, juntament amb els seus atributs temàtic, basat en Javascript Object Notation, un format de text escrit en llenguatge Javascript que permet intercanviar dades de manera ràpida i senzilla. Per aquest motiu GeoJSON és un format molt utilitzat en el desenvolupament d'aplicacions cartogràfiques a Internet.

Per integrar el GeoJSON de la ruta al mapa s'ha utilitzat la tecnologia Ajax, integrada dins la funció creada per generar la ruta. Ajax són les sigles d'Asynchronous Javascript And Xml, una tecnologia que permet actualitzar els continguts web sense necessitat de tornar a carregar la pàgina. Ajax està escrit en llenguatge JavaScript i és molt útil en el desenvolupament de pàgines web que implementen aplicacions interactives. Aquestes aplicacions s'executen al costat del client, és a dir, en el navegador, mentre es manté la comunicació amb el servidor en segon pla, que és el que genera la asincronia. El concepte asíncron significa que l'emissor envia un missatge al servidor i continua amb les seves tasques, sense esperar a rebre la resposta. Això significa que Ajax pot funcionar sense que això afecti al comportament de la pàgina web ni es vegi cap canvi visual, ja que treballa en segon pla. D'aquesta manera, el servidor i el navegador intercanvien informació que s'emmagatzema en variables JavaScript per posteriorment utilitzar-les com convingui.

Les dades del servidor de rutes s'han obtingut mitjançant una petició al servidor amb un mètode Ajax de jQuery, ja que ambdues tecnologies sovint treballen conjuntament. S'ha utilitzat el mètode \$.ajax, que és un mètode que proporciona jQuery per fer peticions al servidor mitjançant Ajax. Aquest mètode es basa en utilitzar un objecte configurable, el qual conté totes les instruccions que necessita jQuery para completar la petició. El mètode \$.ajax només és pot configurar a través d'un objecte Javascript, que posseeix moltes variables que serveixen per configurar les necessitats de la petició al servidor.

Els principals paràmetres de l'objecte configurable que s'han utilitzat i definit són:

- **type:** és el tipus de petició al servidor. En aquest cas és una petició GET, el que significa que la informació es transmet a través de la URL.
- **url:** direcció a la que s'envia la petició, en aquest cas la URL generada amb Openrouteservice que integra les coordenades de les estacions meteorològiques.
- **success:** funció que s'executa quan es rep una resposta amb èxit del servidor.

Un cop definits els paràmetres es programa la funció dins el *success*, el que permetrà gestionar la resposta que es rep del servidor. Aquesta resposta conté el traçat de la ruta en format GeoJSON i tota la informació relativa a aquesta, com la distància, el temps o les direccions.

Dins el *success* es programa la funció que s'ha d'executar quan la resposta rebuda del servidor sigui satisfactòria. La funció *success* pren l'argument *result*, que és on s'emmagatzemarà el resultat de la funció (*success: function(result)*). Dins l'ha funció s'ha utilitzat la declaració de programació *try...catch*, que assenjala un bloc d'instruccions a intentar (*try*) i, especifica la resposta en cas que es produeixi una excepció. En aquest cas, dins el *catch* s'afegeix la capa de la ruta com un GeoJSON, se li defineix l'estil creat a fora del *\$.ajax* i la propietat *fitBounds*, que fa un zoom als límits de l'entitat GeoJSON. Dins el *try*, es col·loca la sentència per eliminar la capa GeoJSON que s'ha creat recentment, amb l'objectiu de que les rutes no es solapin i es vagin acumulant al mapa, sinó que s'elimini l'anterior cada vegada que sen genera una de nova. Aquesta línia de sentència també es programa en un botó independent que serveix per eliminar les rutes traçades al mapa.

```
$.ajax({
  type: "GET",
  url: url,
  success: function(result) {
    try{
      capa.clearLayers();
      capa2.clearLayers();
    } catch(e) {}
    capa = L.geoJson(result).addTo(map);
    capa2 = L.geoJson(result).addTo(map);
    capa.setStyle(estilRuta);
    capa2.setStyle(estilRuta2);
    map.fitBounds(capa.getBounds());
    map.fitBounds(capa2.getBounds());
  }
});
```

Figura 4.21. Programació del mètode \$.ajax

A més d'afegit el traçat de la ruta al mapa, es pot utilitzar tota la informació que acompanya a aquesta fruit d'obtenir la resposta dels servidor mitjançant Ajax i la URL d'Openrouteservice. Principalment s'han utilitzat les propietats temps total del trajecte, distància total i direccions. Al retornar Openrouteservice un format GeoJSON es pot consultar totes aquestes dades directament de la ruta en un navegador web.

```

  features:
    0:
      bbox:
        0: 0.457254
        1: 41.487154
        2: 0.587152
        3: 41.830654
      type: "Feature"
      properties:
        segments:
          0:
            distance: 47010
            duration: 2399.8
            steps: [-]
```

Figura 4.22. Dades que conté el GeoJSON de la ruta

Aquestes dades es poden obtenir i integrar a l'aplicació, de manera que es pugui conèixer les característiques de la ruta a seguir. Amb aquest propòsit s'han creat dos *div* o contenidors en el que mostrar el temps i la distància. Les dades de la distància s'obtenen en metres, així que s'ha dividit el resultat per mil per obtenir els kilòmetres i, el temps s'obté en segons, així que s'ha dividit entre seixanta per obtenir el temps en minuts, fixant els decimals a un sol dígit.

```
document.getElementById("cos3222").innerHTML = (result.features[0].properties.summary.distance/1000).toFixed(1);
document.getElementById("cos3233").innerHTML = (result.features[0].properties.summary.duration/60).toFixed(1);
```



Figura 4.23. Codi per obtenir el temps i la distància

La propietat *steps* conté les direccions de cada tram de la ruta, pel que s'ha hagut de crear un bucle *for* per poder programar un comptador en el que van apareixent tots els trams progressivament fins que s'arriba al final. Aquests trams s'han integrat dins una taula, on poder visualitzar de manera estructurada tots els passos a realitzar per seguir la ruta. Per a tal fi, s'ha programat una sentència *switch* de Javascript, la qual avalua una expressió i compara el valor d'aquesta expressió amb una instància *case*, de la que posteriorment n'executa les sentències associades. Aquesta sentència permet definir el tipus de segment, ja que l'arxiu GeoJSON porta definits uns tipus de segment, per exemple, girar a la dreta, seguir recte o agafar una rotonda. Mitjançant el bucle *for*, es recorre tots els segments al mateix temps que es defineix la icona de cadascun dels 13 tipus de segments que té definits l'arxiu GeoJSON.

```
for (i=0;i < result.features[0].properties.segments[0].steps.length;i++){
  if (i==0){
    resultat = "<table>";
  }
  switch (result.features[0].properties.segments[0].steps[i].type){
    case 0: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-turn-left'></span></td>";break;
    case 1: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-turn-right'></span></td>";break;
    case 2: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-sharp-left'></span></td>";break;
    case 3: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-sharp-right'></span></td>";break;
    case 4: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-bear-left'></span></td>";break;
    case 5: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-bear-right'></span></td>";break;
    case 6: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-continue'></span></td>";break;
    case 7: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-enter-roundabout'></span></td>";break;
    case 8: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-via'></span></td>";break;
    case 9: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-u-turn'></span></td>";break;
    case 10: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-arrive'></span></td>";break;
    case 11: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-depart'></span></td>";break;
    case 12: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-turn-left'></span></td>";break;
    case 13: resultat += "<tr><td><span class='leaflet-routing-icon leaflet-routing-icon-turn-right'></span></td>";break;
  }
}
```

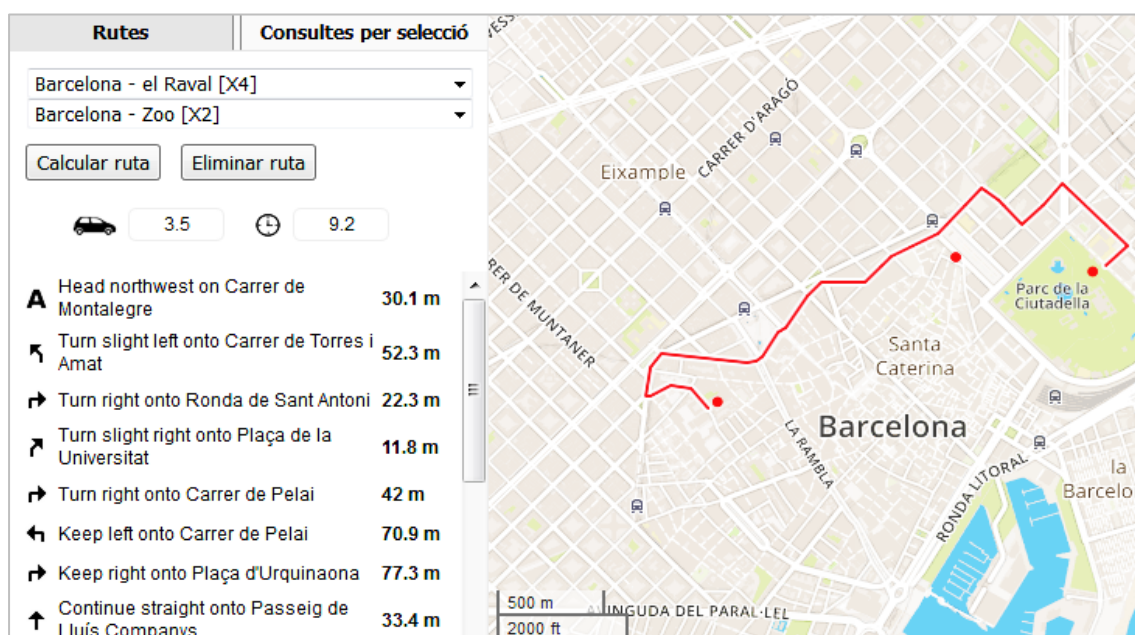
Figura 4.24. Codi que permet mostrar les direccions a la interfície d'usuari

La taula amb els resultats obtinguts amb el comptador *for* s'estructura de la següent manera:

- A la primera columna s'hi mostren les icones de direcció que s'han obtingut de l'API de Leaflet, resultat d'aplicar la sentència `result.features[0].properties.segments[0].steps[i].type` i el mètode `switch...case`.
- La columna central on es descriu la direcció i els carrers o vies que s'han d'agafar, resultat d'aplicar la sentència `result.features[0].properties.segments[0].steps[i].instruction`.
- La darrera on es mostra la distància de cada segment de la ruta, resultat d'aplicar la sentència `result.features[0].properties.segments[0].steps[i].duration`.

Com s'ha dit anteriorment, s'ha afegit una funció en un botó per eliminar la ruta del mapa, recarregar l'arxiu JSP per tornar a iniciar-lo i esborrar tots els registres que figuren en els contenidors del temps, la distància i les direccions. Per veure el codi complet de programació del generador de rutes es poden consultar els arxius `index.html` i `rutes.jsp` que acompanyen el document de la memòria.

Degut a les limitacions temporals que tot treball final de màster imposa, l'aplicació de les rutes només funciona seleccionant com a origen i destí les ubicacions de les direccions. Es podria considerar una primera part en la implementació de l'aplicació, ja que les possibilitats en el càlcul i planificació de rutes són molt més àmplies. En un futur es podria ampliar el projecte afegint funcionalitats a l'eina, com per exemple, permetre calcular rutes des de qualsevol punt del mapa, afegir rutes amb altres tipus de transport o permetre afegir condicions a les rutes, com ara peatges o l'ús de transport amb limitacions de velocitat.



Imatge 4.5. Vista de l'eina per planificar rutes

4.6.3. Consultes per selecció

Les consultes per selecció han de permetre aplicar filtres a les estacions meteorològiques, per tal de poder seleccionar determinades estacions segons uns criteris definits prèviament. En aquest projecte s'han definit uns quants filtres, però se'n poden afegir o treure segons les necessitats o el criteri dels operaris de l'empresa que gestiona les estacions.

En aquest projecte s'han definit un total de 5 filtres, dins dels que es pot seguir filtrant. Per exemple, la selecció per tipus de sensor es pot seguir ajustant segons la marca i després el model del dispositiu. S'han definit les següents consultes:

- **Per estat:** permet seleccionar les estacions segons estiguin operatives o desmantellades.
- **Per comarca:** aplicant un filtre per localització, es pot seleccionar les estacions que queden dins d'un àmbit comarcal determinat.
- **Per tipus de subministrament:** seleccionant aquelles que estan connectades directament a la xarxa elèctrica o aquelles que s'alimenten d'energia solar.
- **Per alçada de la torre:** segons sigui de 10 metres o de 2 metres. Les torres de 2 metres normalment són trípodas que contenen menys sensors, sent les torres de 10 metres aquelles que es troben en estacions on s'instal·len tots els sensors i components.
- **Per tipus de sensor:** es pot seleccionar cadascun dels 12 sensors disponibles, per després poder filtrar per marca i també per model, de manera que es puguin localitzar totes les estacions que tenen un dispositiu determinat per, per exemple, plantejar-se substituir un sensor determinat o analitzar la distribució territorial d'uns models o altres.

Degut a la limitació temporal que tot projecte i tot treball final de màster implica, s'ha hagut de posar límits a les tasques o funcions ha desenvolupar, ja que el principal objectiu és la implementació d'una aplicació web robusta, àgil i sòlida. Per aquest motiu, les consultes per selecció no permeten encadenar filtres, el que ajudaria a ajustar encara més les consultes. Aquest aspecte es pot seguir desenvolupant en un futur, per seguir millorant l'aplicació.

Per poder generar les consultes per selecció primer s'han creat un seguit de *select* d'HTML, que són llistats d'opcions a escollir, que corresponen a cadascun dels 5 filtres anteriorment esmentats, dins dels que també s'han creat nous *select* corresponents a les opcions de les marques i els models dels sensors. Cada *option value* del *select*, és a dir, cada valor dels llistats, està vinculat a la funció que s'ha desenvolupat per generar el filtre. Al seleccionar una opció o una altra del llistat s'activa la funció que aplica el filtre, anomenada *filter*, tenint en compte els paràmetres que s'hagin definit en cadascuna de les opcions a seleccionar.

Per poder crear l'eina que permet aplicar filtres primer s'han hagut de solucionar certs problemes que aquesta tasca genera. En el visor web es solapen dues capes d'estacions meteorològiques, una en format WMS, que es la visible i consultable i, una en format GeoJSON, que s'utilitza per generar etiquetes amb el nom de l'estació al situar el cursor al damunt i, per localitzar les estacions per el nom utilitzant l'eina *search*. Aquesta eina s'explica en el següent punt, ja que és un plugin de Leaflet que proporciona contingut interactiu a l'aplicació web.

Aquest fet provoca que els filtres s'hagin d'aplicar alhora a dues capes amb dos formats diferents, ja que sinó l'aplicació genera errors, com ara poder localitzar amb l'eina *search* estacions que no apareixen al mapa degut a estar algun filtre activat o veure etiquetes amb els noms d'estacions que no es visualitzen en el mapa. Així doncs, per exemple, si hi ha un filtre que selecciona només les estacions de l'Alt Empordà, només s'ha de poder localitzar amb l'eina *search* les estacions d'aquesta comarca, i només s'han de poder visualitzar les etiquetes de les estacions d'aquesta comarca.

Per solucionar això s'ha programat la funció *filter* en dues parts diferenciades dins la mateixa funció, una que actua sobre la capa GeoJSON i l'altre sobre la capa WMS. Al activar la funció aquesta esborra la capa GeoJSON del mapa i la torna a carregar però amb el filtre ja aplicat, de manera que només es carreguen certs elements de la capa, els definits en el filtre.

```

map.removeLayer(featuresLayer);
featuresLayer = new L.GeoJSON(data, {
  style: function(feature) {
    return {};
  },
  pointToLayer: function (feature, latlng) {
    return L.marker(latlng, {radius:1,fillColor:'blue',opacity:0,fillOpacity:0});
  },
  onEachFeature: function(feature,marker) {
    marker.options.title=feature.properties.denom;
  },
  filter: function(feature, layer) {
    if (valor == null) {
      return feature.properties[camp] != valor;
    } else {
      return feature.properties[camp] == valor;
    }
  }
}).addTo(map);

```

Figura 4.25. Codi escrit dins la funció *filter* per aplicar el filtre a la capa GeoJSON

El primer que fa la funció és eliminar la capa GeoJSON de les estacions meteorològiques que ja està carregada al mapa, anomenada *featuresLayer*, per torna-la a carregar amb el mateix estil i simbolització però aplicant el filtre a la capa.

El mateix succeeix amb la capa WMS. El primer que fa la funció és eliminar la capa WMS que ja està carregada al mapa, per posteriorment aplicar-li un filtre i tornar-la a carregar amb el filtre aplicat.

```

estacionswms.removeFrom(map)
if (valor != null) {
    valor2 = "" + valor + "";
} else {
    valor2 = valor;
}
source = L.wms.source( "http://localhost:8080/geoserver/wms",
    {
        "format": "image/png",
        "transparent": "true",
        "info_format": "text/html",
        "cql_filter": camp + operador + valor2
    }
);
estacionswms = source.getLayer("estmet");
estacionswms.addTo(map);

```

Figura 4.26. Codi escrit dins la funció *filter* per aplicar el filtre a la capa WMS

Com es pot veure en el codi de les figures 4.30 i 4.31 el que canvia és la manera d'aplicar els filtres, és a dir, el codi per aplicar els filtres a les diferents capes, ja que es tracta de dos formats diferents amb les seves pròpies característiques i propietats. Aquests filtres funcionen en relació als paràmetres que se li han definit a la funció *filter*, que són els valors amb que treballa la funció.

```

function filter(camp,operador,valor) {
    /*(codi figura 30)
    +
    (codi figura 31)*/
}

```

Figura 4.27. Paràmetres de la funció *filter*

Els paràmetres d'una funció en Javascript s'utilitzen per enviar informació a una funció, amb la que aquesta treballarà per realitzar accions. Perquè la funció *filter* pugui funcionar s'hauran d'indicar aquests paràmetres en el moment d'invocar-la. El *camp* és l'atribut de la capa sobre el que es vol fer la selecció, és a dir, qualsevol columna de la taula *estmet* que dona lloc a la capa, ja sigui el camp marca d'un sensor, el camp comarca o qualsevol altre. L'*operador* en aquest cas fa referència als operadors de comparació igual (=) o no igual (!=) a un valor. El paràmetre *valor* és qualsevol registre de la capa d'estacions meteorològiques, és a dir, la marca

STA-01 dels sensors de temperatura, la comarca de l'Alta Ribagorça o les plaques solars marca Campbell Scientific.

Aquests paràmetres es defineixen en els *options value* dels *select* HTML, és a dir, quan es defineix una opció d'un llistat se li dona un valor. Per exemple, com es mostra en la figura 4.33, es crea un llistat on seleccionar les diferents opcions sobre l'estat de l'estació meteorològica, operativa o desmantellada, més un camp que es la suma de tots dos, perquè es mostrin totes les estacions al mapa. Al seleccionar l'opció amb el valor "Operativa" s'activa la funció *filter* amb els paràmetres *estat = operativa*, seleccionant totes aquelles estacions que compleixin aquesta condició. Al seleccionar l'opció "Desmantellada" s'activa la funció *filter* i es seleccionen totes aquelles estacions que tenen el valor *desmantellada* en el camp *estat*. L'opció "Per estat" s'ha creat per poder tornar a carregar totes les estacions al mapa, per aquets motiu se li aplica un filtre diferent, consistent en seleccionar totes les estacions en les que el camp *estmet_cd* no sigui *null*, és a dir, totes, ja que totes tenen aquest valor, que és el codi d'estació. Això es fa per poder contrarestar el filtre i torna als valors originals, per poder seguir aplicant filtres de manera interactiva.

```
<select id="estat" class="custom-select" style="width:230px" onchange="filter('estat', ' = ',this.value)">
  <option value="estmet_cd" selected onclick="filter(this.value,' is not ',null)" >Per estat...</option>
  <option value="Operativa">Operatives</option>
  <option value="Desmantellada">Desmantellades</option>
</select>
```

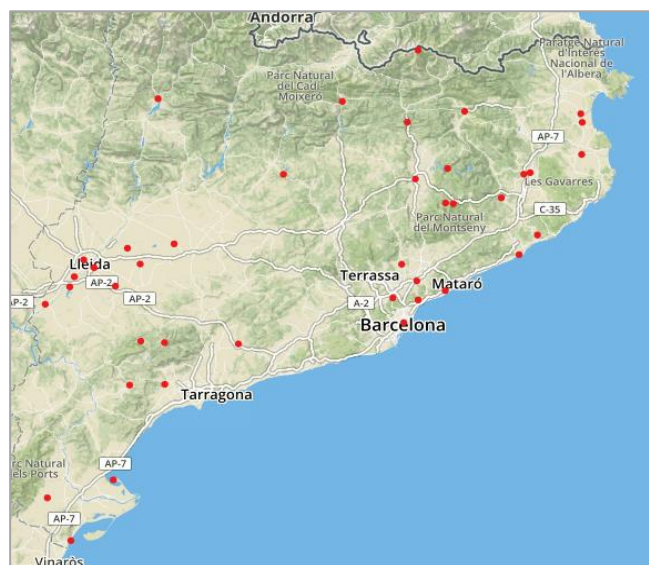



Figura 4.28. Procés d'aplicació de la funció *filter*

Aquests paràmetres de la funció *filter* són els que es defineixen de diferent manera en la capa GeoJSON i en la capa WMS, tal i com es mostra a les figures 4.30 i 4.31. A la capa GeoJSON es crea una funció a la que se li han de passar els paràmetres *feature* (element) i *layer* (capa) i en la que es crea una condició, que defineix que si el valor que se li dona com a paràmetre a la funció *filter* és igual a *null*, la resposta serà tots els elements del paràmetre camp que tinguin un valor diferent a *null*; si, en canvi, el valor que se li dona com a paràmetre a la funció *filter* no és igual a *null*, la resposta que es retornarà seran tots els elements del paràmetre camp que tinguin igual valor. Per posar un exemple, al aplicar-li el filtre a la capa GeoJSON amb els paràmetres de la funció *estat = operativa*, avaluarà la sentència i retornarà tots els registres amb valor *operativa* del camp *estat*, ja que no es compleix la condició que el valor sigui *null*. Si el valor fos *null* enlloc de *operativa*, retornaria tots els registres diferents a *null*, pel que no aplicaria cap filtre.

El filtre de la capa WMS s'aplica de manera diferent, ja que es defineix directament a les propietats de la capa mitjançant la propietat *cql_filter*, pel que quan aquesta s'afegeix al mapa ja té el filtre aplicat. CQL (Common Query Language) és un llenguatge de consulta creat per l'Open Geospatial Consortium que permet aplicar filtres a una capa WMS utilitzant un mètode que requereix que l'atribut sempre quedi a l'esquerra de qualsevol operador de comparació. Per aplicar el filtre a la capa WMS primer s'aplica una condició, que és que si el paràmetre *valor no és igual (!=) a null* es crea una variable anomenada *valor2* on s'emmagatzema el contingut del paràmetre *valor* entre cometes simples com a cadena de text, que es com es defineix un paràmetre en *cql_filter*. Si, en canvi, el valor es igual a *null* llavors la variable *valor2* serà igual al camp *valor*, és a dir, amb valor *null*. Tot això es fa per passar el valor sobre el que s'efectuarà el filtre al mètode *cql_filter* amb la sintaxi correcta perquè aquest llenguatge pugui interpretar el valor sobre el que aplicar el filtre.

Al tenir la funció *filter* ja definida només es qüestió de generar tants formularis *select* com es vulgui i utilitzar els *option value* per inserir-hi l'acció per activar la funció i els paràmetres que permetran seleccionar certs atributs per mitjà de l'activació del filtre. S'ha afegit un comptador que permet saber quantes estacions responen a una o altra selecció, amb l'objectiu de millorar les tasques d'anàlisi que se'n puguin derivar. Es pot consultar el codi complert a l'arxiu *index.html* en els documents que acompanyen la memòria.

Per proporcionar un correcte funcionament i una interacció fàcil i ràpida s'ha afegit un *button* HTML amb una funció que neteja tots els filtres aplicats i torna a col·locar la selecció als valors inicials. Aquesta funció també s'aplica quan es canvia de pestanya i s'obre el generador de rutes, ja que no es desitjable tenir les dues eines funcionant alhora, doncs això podria generar errors i impedir el bon funcionament de l'aplicació.

4.6.4. Plugins i controls interactius

Per afegir funcionalitat a l'aplicació web i millorar-ne la interacció amb l'usuari final s'han programat un total de 8 plugins. En informàtica, un plugin és un fragment de codi mitjançant el qual es crea una eina o aplicació que conté un grup de accions i característiques que permeten millorar el programa i afegir-li funcions. En aquesta aplicació els plugin s'han programat utilitzant la llibreria Leaflet i, serveixen per afegir les funcions bàsiques d'un mapa interactiu. Per poder utilitzar els plugins de l'API de Leaflet s'han de carregar prèviament a l'*arxiu.html* totes les direccions dels documents que s'utilitzaran com a recursos i fonts de dades per a fer funcionar les aplicacions i, desar aquests a la carpeta corresponent dins del domini de les estacions d'Apache Tomcat. El mateix s'ha de fer amb els estils CSS que acompanyen els plugins, per tal d'aconseguir una correcta simbolització de tots elements de l'aplicació web. Es pot consultar el codi de programació d'aquests plugins a l'arxiu *index.html* en els documents que acompanyen la memòria del projecte.

```
<script src="js/leaflet.js"></script>
<script src="js/leaflet.wms.js"></script>
<link rel="stylesheet" href="css/leaflet.overview.css"/>
<script src="js/leaflet.overview.js"></script>
<script src="js/estacions.js"></script>
<link rel="stylesheet" href="css/leaflet-search.css"/>
<script src="js/leaflet-search.js"></script>
```

Figura 4.29. Arxius declarats a *index.html* que serveixen dades a l'aplicació

S'han utilitzat els següents plugins:

- **Control de capes:** aquesta eina permet canviar el mapa base de l'aplicació web entre un seguit de mapes que s'han definit prèviament, el que afegeix informació a l'aplicació web i en permet precisar la ubicació de les estacions meteorològiques. En aquest projecte es pot escollir entre al mapa base de Mapbox que utilitza Leaflet, el mapa base de OpenStreet Map o una ortofoto del servidor d'ArcGis Online, tots tres amb un marc territorial que inclou **tot el món**.
- **Vista general:** s'integra un mapa de dimensions reduïdes a dins del mapa general amb menys zoom d'escala geogràfica, per poder veure així la zona que s'està observant en perspectiva dins d'un territori més ampli. Quan es canvia de capa al mapa general també ha de canviar automàticament en el mapa de conjunt. El marc de color blau és correspon a l'àmbit territorial que s'està veient en el mapa general de l'aplicació.
- **Zoom in i zoom out:** és l'eina d'un mapa interactiu que permet apropar i allunyar la vista del contingut.

- **Extensió per defecte:** aquest plugin permet tornar a la vista inicial del mapa només amb prémer un botó. Aquest botó activa la funció que permet tornar a la vista predeterminada del mapa, tant a les coordenades inicials del mapa com al nivell de zoom. És una eina molt útil quan s'està utilitzant l'aplicació per realitzar moltes tasques seguides.
- **Search:** és un plugin molt útil per interactuar amb l'aplicació i georeferenciar les entitats del mapa. Programar un cercador facilita enormement les tasques de consulta i gestió de les entitats, ja que permet geolocalitzar qualsevol element de manera senzilla. Per poder programar un cercador primer és necessari crear una capa GeoJSON de les estacions i carregar-la al mapa. Com ja s'ha explicat anteriorment el format GeoJSON permet intercanviar dades geogràfiques i els seus atributs de manera ràpida i àgil. La capa GeoJSON de les estacions s'ha creat des del software QGIS, on s'ha generat aquest format a partir de la taula *estmet*, que té representació espacial definida amb l'extensió PostGIS. Des de QGIS es fa una connexió a la base de dades de PostgreSQL i s'obté la capa de les estacions meteorològiques, a partir de la qual es crea la capa GeoJSON.

Per poder treballar amb aquesta capa a l'aplicació web primer s'ha de declarar com a recurs a l'arxiu *index.html*, ja que serà necessari connectar amb la capa GeoJSON de les estacions, anomenada *estacions.js*. Per poder utilitzar aquest contingut s'ha de declarar com a font de dades i se'n ha d'especificar la localització.

Un cop declarada la capa es carrega aquesta al mapa i se'n programa el control interactiu *search*, mitjançant l'API de Leaflet. Per poder realitzar aquesta acció és necessari definir quin és l'atribut *data*, variable que utilitza el format GeoJSON on s'han de definir quines són les entitats de la capa, en aquest cas *data = estacions*.

```
data = estacions;
featuresLayer = new L.GeoJSON(data, {
  style: function(feature) {
    return {};
  },
  pointToLayer: function (feature, latlng) {
    return L.marker(latlng, {radius:1,fillColor:'blue',opacity:0,fillOpacity:0});
  },
  onEachFeature: function(feature,marker) {
    marker.options.title=feature.properties.denom;
  }
});
map.addLayer(featuresLayer);
```

Figura 4.30. Codi Javascript per afegir capes GeoJSON al mapa

La variable *featuresLayer* és on s'emmagatzemarà la capa GeoJSON i on es definirà l'etil de simbolització dels elements de la capa. En aquest cas és una capa de punts i s'ha simbolitzat de manera que no sigui visible, ja que la capa visible que es vol mostrar és la capa WMS. Si que s'ha simbolitzat un cercle que envolta l'estació seleccionada, de manera que ressalti el resultat de la cerca. També s'ha definit que al passar el cursor per damunt d'una estació aparegui una etiqueta o pop-up amb la denominació de la mateixa (*feature.properties.denom*).

Per últim s'ha d'afegir el control de l'eina *search* de la llibreria Leaflet, el que permetrà utilitzar el cercador i localitzar les entitats. En aquest cas les cerques es fan mitjançant el camp "denom", que és el camp de la base de dades que conté la denominació de les estacions meteorològiques. En aquest cas ha semblat adient utilitzar aquest camp, ja que és l'identificador més lògic per localitzar una estació, ja que els codis d'identificació del camp "estmet_cd" no són coneguts ni utilitzats pels operaris de l'empresa.

```
searchControl = new L.Control.Search({
  layer: featuresLayer,
  propertyName: 'denom',
  moveToLocation: function(latlng, denom, map) {
    var zoom = 14;
    map.setView(latlng, zoom);
  }
});

map.addControl( searchControl );
```

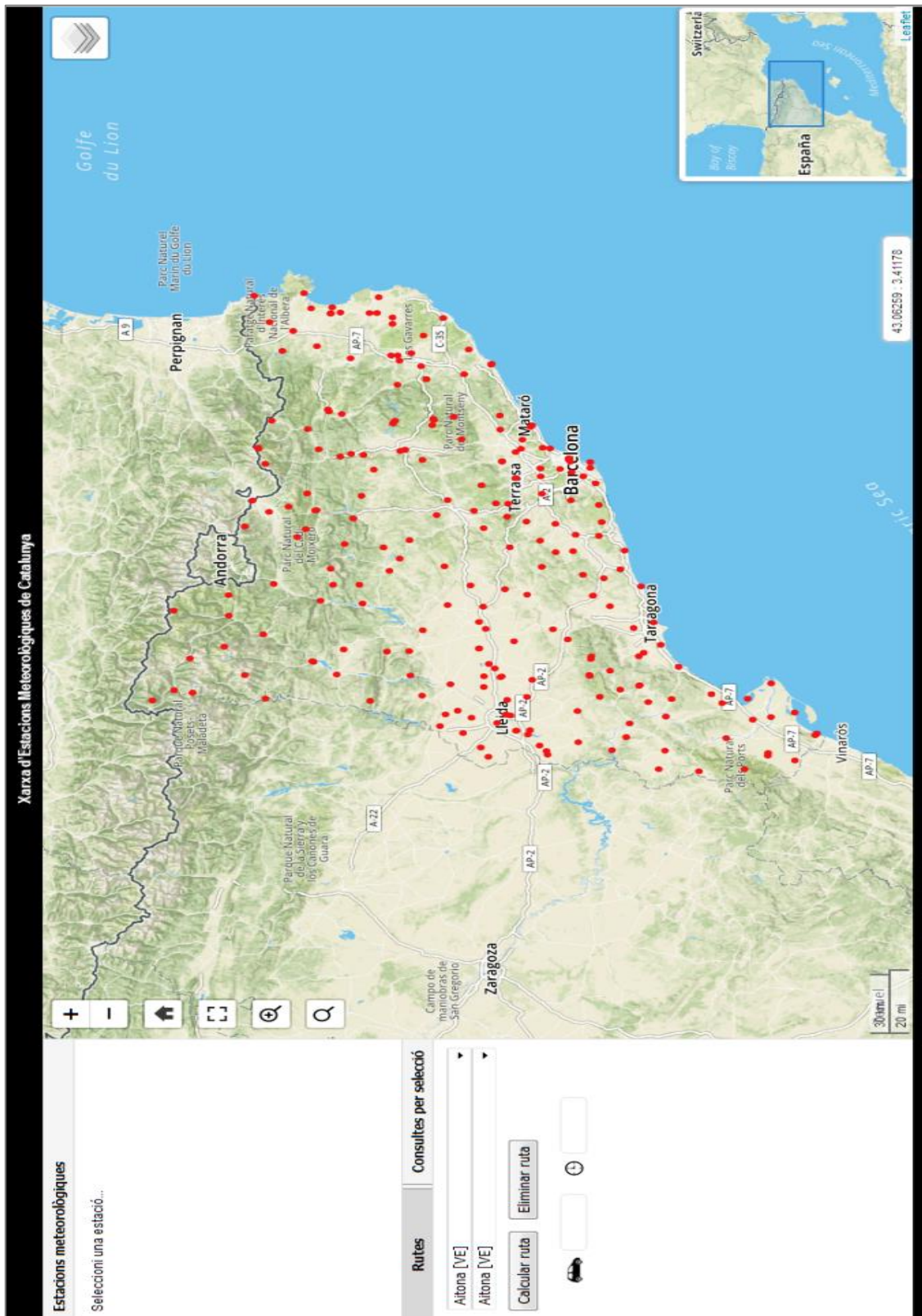
Figura 4.31. Codi Javascript per afegir el control *search* a l'aplicació web

- **Fullextent:** aquesta eina és més estètica que funcional, ja que permet omplir tot el monitor de l'ordinador amb el mapa de l'aplicació, generant una vista molt atractiva del contingut del mapa.
- **Coordenades:** funció que mostra les coordenades de qualsevol punt del mapa, mitjançant el cursor. Per allà on passa el cursor n'indica les coordenades geogràfiques.
- **Zoom a selecció:** permet ampliar una zona determinada del mapa a partir de crear un requadre que s'amplia un cop generat. Amb aquesta eina es molt senzill i ràpid analitzar la informació geogràfica de qualsevol zona del territori.

L'ús de plugins afegeix coherència i funcionalitat a un visor web de mapes, ja que serveix per incorporar les funcions bàsiques i els elements principals que un mapa interactiu ha de tenir.

5. PRESENTACIÓ DELS RESULTATS

El principal objectiu del projecte ha estat la implementació d'una aplicació web que servís per ajudar en la gestió de les tasques diàries dels operaris de l'empresa. Per a tal fi, s'ha prioritzat que l'aplicació fos robusta, sòlida i àgil, evitant incórrer en errors i complicacions que dilapidin l'ús de l'aplicació. A continuació es mostra l'aspecte inicial del visor web i a la pàgina següent el visor en funcionament:



Xarxa d'Estacions Meteorològiques de Catalunya

Estacions meteorològiques

Informació general Sensors Components

Codi de l'estació: 174
Nom: Altona [VE]
Municipi: Altona
Codi INE: 25038
Comarca: Segrià
Latitud: 41.48692
Longitud: 0.46058
Altitud: 97
Data d'alta: 12/03/98 0:00
Estat: Operativa

Rutes Consultes per selecció

Altona [VE]
 Amposta [LUJ]

Calcular ruta Eliminar ruta

186.7 129.7

A Head west 12.4 m
 Turn right onto Carretera d'Altona a Llardecans 36.4 m
 Turn slight right onto Carretera d'Altona a Llardecans 26.2 m
 Turn right onto Avinguda 27 de gener, LP-7041 81.6 m
 Keep right onto LP-7041 8.7 m
 Enter the roundabout and take the 2nd exit onto LP-7041 258.3 m
 Enter the roundabout and take the 2nd exit onto LP-7041 59.3 m
 Enter the roundabout and take the 4th exit onto camí Real 132.6 m

41.84997 : 0.80805

20 km 10 mi

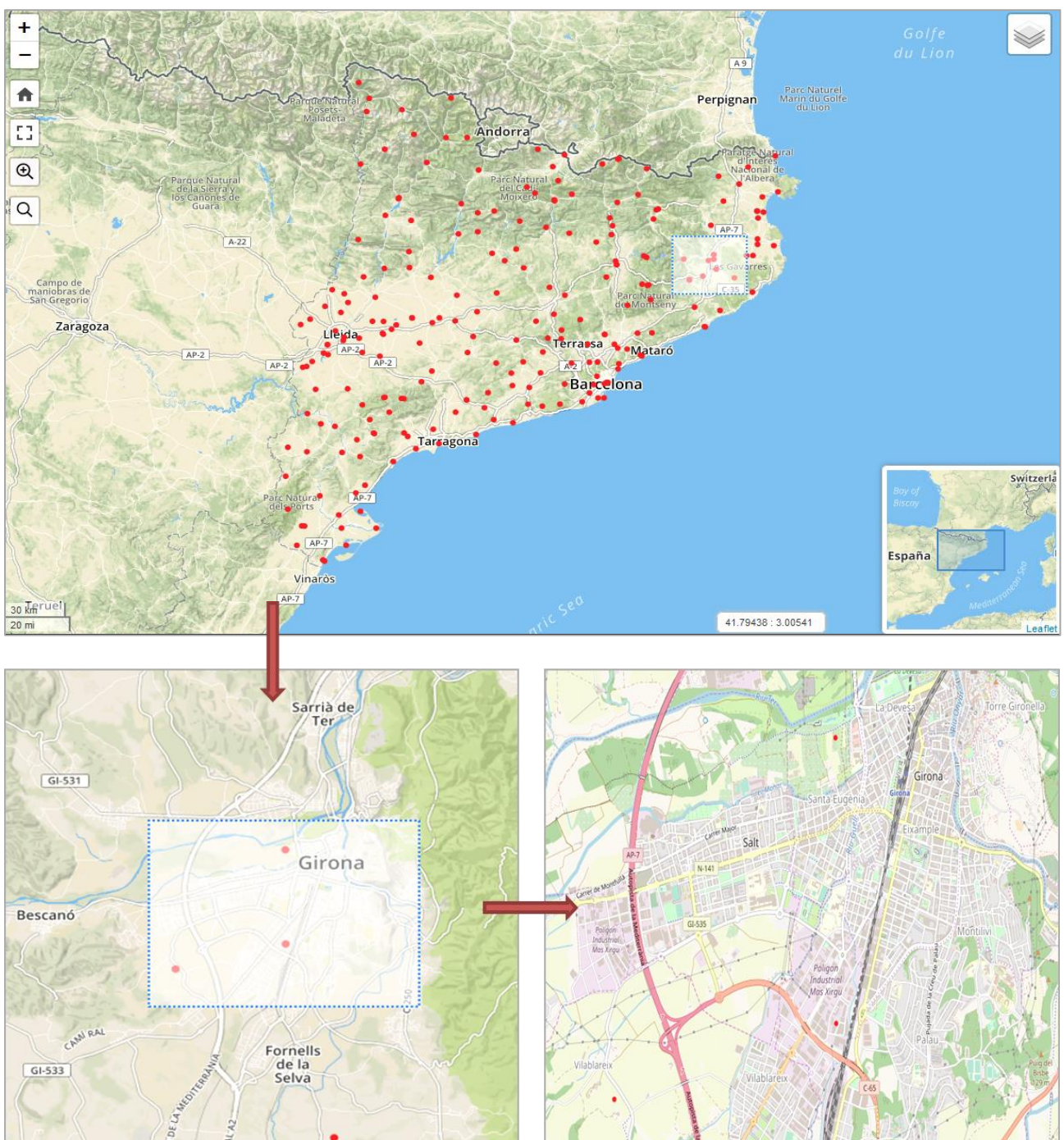
Leaflet

Imatge 5.1. A la pàgina anterior, aspecte del visor web al iniciar l'aplicació i, vista del mateix en funcionament

5.1. Casos d'ús

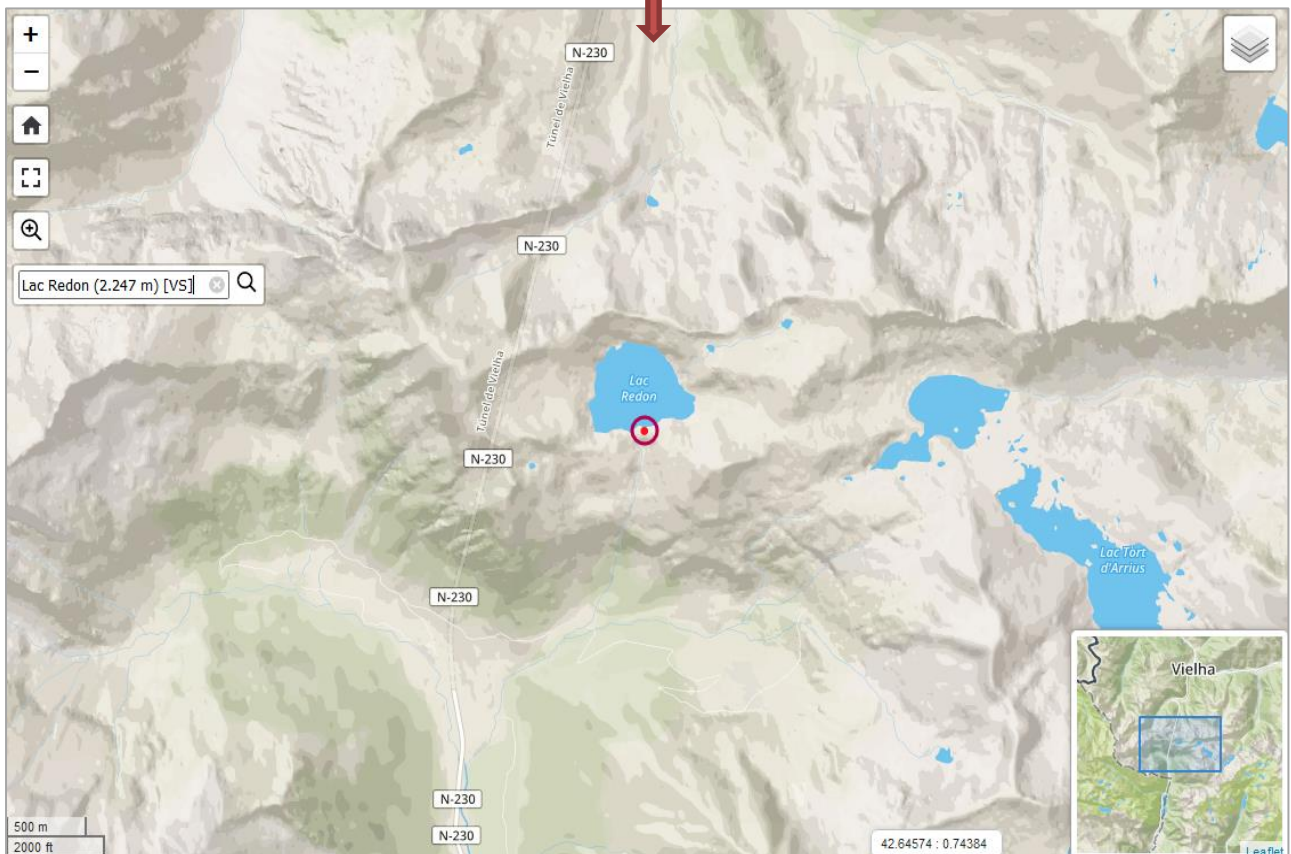
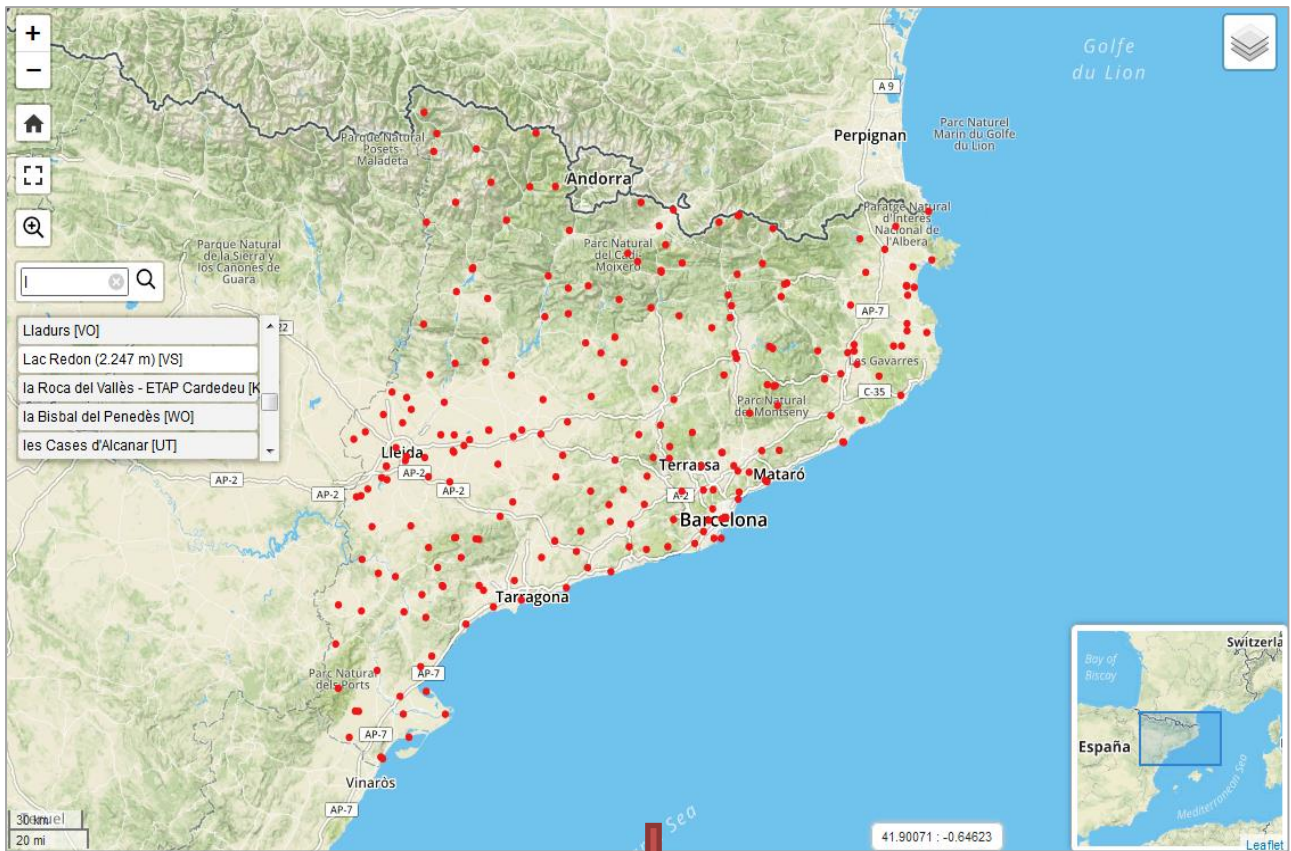
Els casos d'ús que es mostren a continuació han servit per resoldre els requeriments inicials de l'aplicació web i verificar així la funcionalitat de la mateixa. Mitjançant els casos d'ús es pot comprovar si s'han assolit els objectius principals del projecte i, si realment s'ha pogut implementar una eina útil per a la visualització, gestió i consulta de les estacions meteorològiques de Catalunya. Així doncs, a continuació s'aniran indicant els requeriments i objectius establerts inicialment amb la intenció de comprovar la funcionalitat de l'aplicació:

- Visualitzar de manera estructurada i homogènia la distribució territorial de les estacions meteorològiques de Catalunya en un entorn interactiu.



Imatge 5.2. Visualització de les estacions en un entorn interactiu

- Suportar operacions de georeferenciació. En aquesta aplicació es realitza mitjançant els topònims.



Imatge 5.3. Georeferenciació mitjançant la denominació de les estacions

- Permetre operacions de consulta dels atributs de les entitats.

The figure illustrates the process of querying thematic attributes of an entity from a map. It is divided into three horizontal sections, each showing a different view of the data for the 'Illa de Buda [DL]' station.

Top Section: General Information

- Map:** Shows the location of Illa de Buda [DL] near Riumar, with the T-340 road nearby.
- Information Panel:**
 - Informació general:** Codi de l'estació: 105, Nom: Illa de Buda [DL], Municipi: Sant Jaume d'Enveja, Codi INE: 43902, Comarca: Montsià, Latitud: 40.70719, Longitud: 0.83449, Altitud: 0, Data d'alta: 14/07/99 0:00, Estat: Operativa.
 - Sensors:** (Empty)
 - Components:** (Empty)

Middle Section: Sensor List and Details

- Information Panel (Left):**
 - Informació general:** (Empty)
 - Sensors:**
 - Sensor de temperatura
 - Sensor de precipitació
 - Sensor de velocitat del vent
 - Sensor de direcció del vent
 - Sensor de pressió atmosfèrica
 - Sensor de radiació solar
 - Sensor de radiació ultraviolada
 - Sensor d'humitat relativa
 - Sensor d'humectació
 - Sensor de temperatura a subsòl a 10 cm
 - Sensor de temperatura a subsòl a 50 cm
 - Components:** (Empty)
- Information Panel (Right):**
 - Informació general:** (Empty)
 - Sensors:**
 - Marca: Sensovant
 - Model: LP02
 - Número de serie: r-51489725
 - Data d'última revisió: 2018-04-24
 - Data d'última substitució: 2016-06-10
 - Rang: de 0 a 2000 W/m2
 - Precisió: 1°
 - Sensibilitat: 15 µV/Wm2
 - Resolució: 1 W/m2
 - Linealitat: < 1.8 %
 - Camp espectral: de 285 a 3000 nm
 - Senyal de sortida: Analog 4 - 20 mA signal
 - Components:** (Empty)

Bottom Section: Data Logger and Hardware Components

- Information Panel (Left):**
 - Informació general:** (Empty)
 - Sensors:** (Empty)
 - Components:**
 - Data Logger
 - Bateria
 - Mòdem
 - Antena
 - Tarjeta SIM
 - Regulador de carga
 - Torre de l'estació
 - Plaques solars
- Information Panel (Right):**
 - Informació general:** (Empty)
 - Sensors:** (Empty)
 - Components:**
 - Marca: Campbell Scientific
 - Model: SP30
 - Dimensions: 41.4 x 51 x 3 cm
 - Capacitat: 30W
 - Número de serie: pl-36557
 - Data d'última revisió: 2017-04-09
 - Data d'última substitució: 2013-10-12

Figura 5.1. Consulta dels atributs temàtics d'una entitat del mapa

- Calcular les rutes entre estacions, obtenint la distància, el temps i les direccions del trajecte.

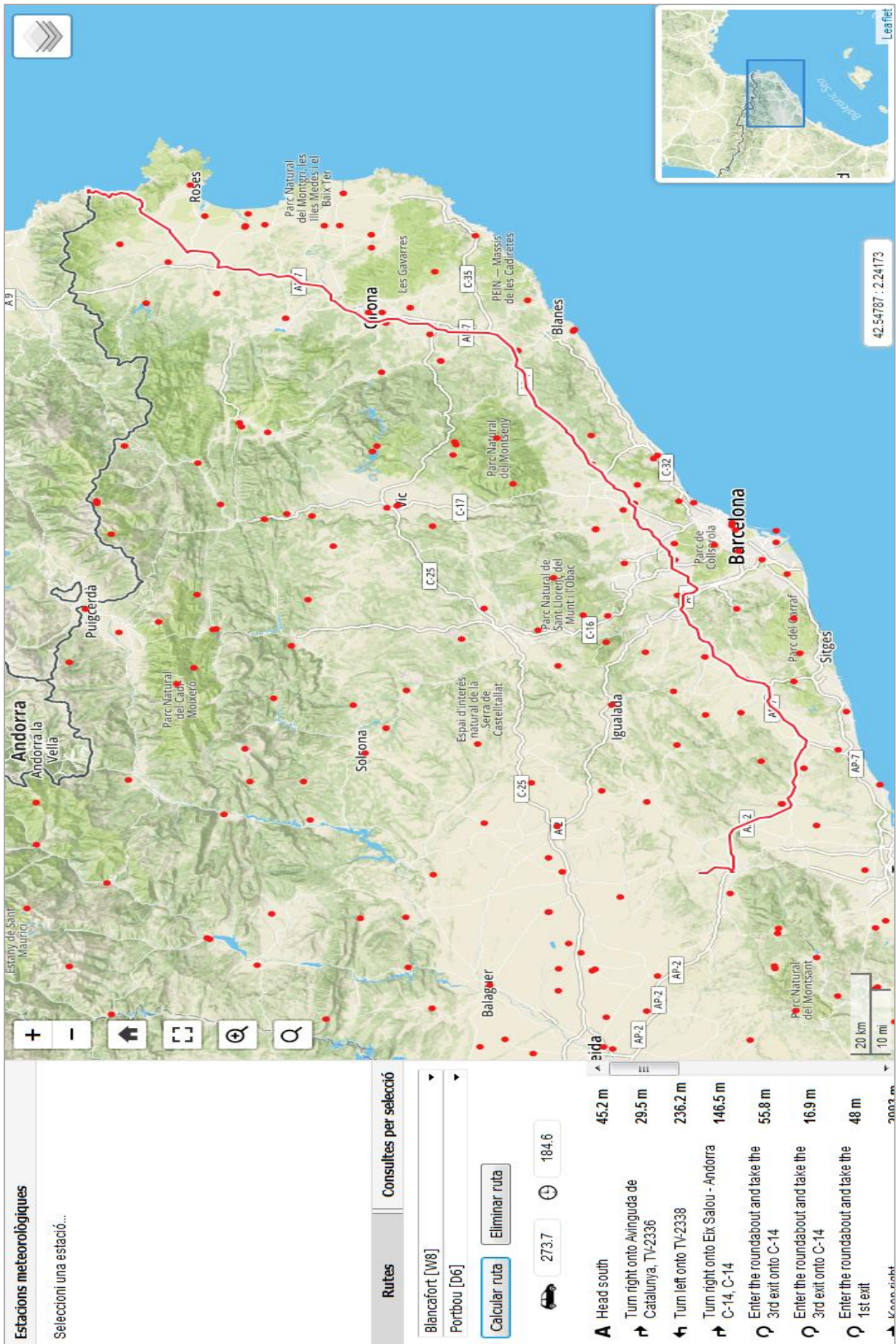


Figura 5.4. Càlcul de rutes entre estacions

- Permetre realitzar consultes per selecció sobre les estacions, mitjançant l'aplicació de filtres.

Estacions meteorològiques
 Selecció d'una estació...

Rutes | **Consultes per selecció**

Per estat...
 Segrià
 Per tipus subministrament...
 Per alçada de la torre...
 Per tipus de sensor...

Eliminar filtres

Nº estacions: 17

Mapa de la zona de Lleida amb estacions meteorològiques marcades amb punts vermells. S'hi poden veure carreteres (A-2, A-14, A-22, AP-2) i rius (Riba-roja d'Ebre). A la part inferior dreta hi ha una escala de 10 km i 5 mil·límetres.

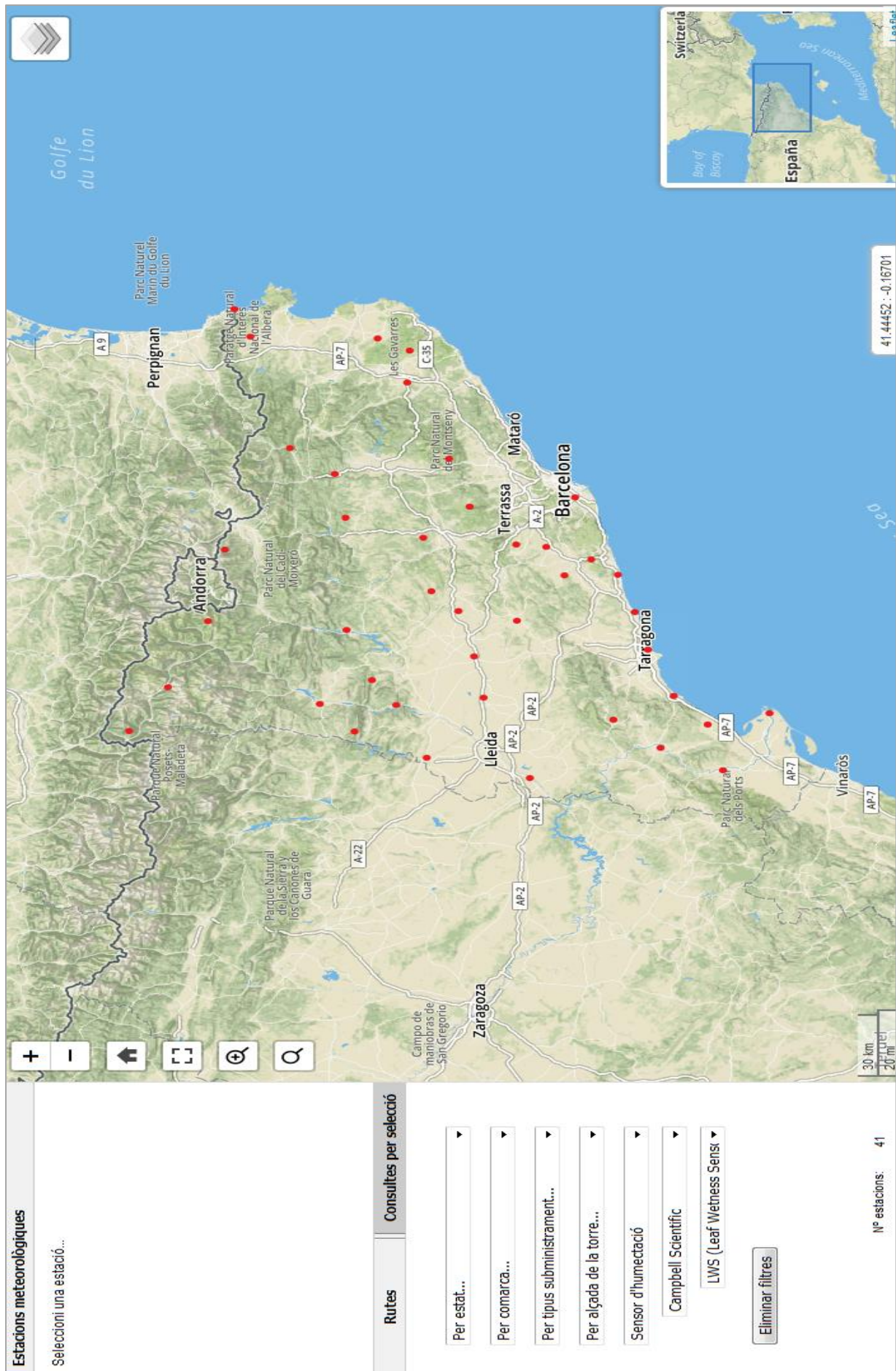


Figura 5.5. Consultes per selecció. A la pàgina anterior, selecció per localització i, en aquesta selecció per atribut

6. MANUAL D'INSTAL·LACIÓ

Per poder utilitzar aquesta aplicació en qualsevol computadora és necessari seguir uns senzills passos, per tal de disposar de tot el software necessari i de les tecnologies que permeten funcionar a l'aplicació. Al ser una aplicació web seria desitjable que es crees un domini web en el servidor de l'empresa i els operaris accedissin directament a l'aplicació mitjançant una connexió a Internet. Això no treu, però, la importància de poder instal·lar l'aplicació allà on es desitgi, per poder així aplicar modificacions, revisions o actualitzacions tant al visor web com a la base de dades. De forma esquemàtica, s'han de seguir els següents passos.

- 1) Instal·lar el software PostgreSQL i la seva extensió PostGIS. Als arxius que acompanyen la memòria s'hi poden trobar les aplicacions d'instal·lació d'ambdós programes, tot i que també estan disponible a Internet, on es poden trobar les versions més actualitzades. La plataforma pgAdmin per gestionar les base de dades ve integrada dins el paquet d'instal·lació de PostgreSQL. Al instal·lar el programa és necessari especificar el nom i contrasenya d'usuari i el port amb que el programa es comunicarà amb l'ordinador i per on es transmetran les dades.
- 2) Un cop instal·lat el gestor de bases de dades només és necessari agafar l'arxiu *estacions_meteo.backup* del directori "base de dades" dels arxius que acompanyen la memòria i obrir-lo des de PostgreSQL. Aquest és un arxiu de compressió que conté la base de dades del Sistema d'Informació Geogràfica. Al obrir-lo des de PostgreSQL ja es disposarà de tota l'estructura de la base de dades del SIG.
- 3) Instal·lar la carpeta sencera d'Apache Tomcat al directori que es desitgi de la computadora. Només és necessari copiar la carpeta que es troba en els arxius que acompanyen la memòria allà on es vulgui.
- 4) És necessari arrencar el servidor web mitjançant l'arxiu *startup* que es troba a la carpeta *bin* dins d'Apache Tomcat. Aquest arxiu s'ha d'activar cada vegada que es necessiti iniciar Apache Tomcat.
- 5) Accedir a Geoserver des del servidor web d'Apache Tomcat (*localhost/geoserver/web*, en cas d'una computadora local) i revisar que l'usuari i la contrasenya de la connexió a la base de dades Postgresql des de Geoserver corresponen a les mateixes que s'han utilitzat en la instal·lació de PostgreSQL a la computadora.
- 6) Per últim, s'ha de fer el mateix en els arxius JSP, on s'ha de comprovar que el nom d'usuari i contrasenya coincideix amb els de la base de dades, ja que sinó fallarà la connexió i no es podrà accedir a les dades de les estacions des de l'aplicació web.

7. CONCLUSIONS

Els Sistemes d'Informació Geogràfica són una eina molt potent per emmagatzemar, organitzar, analitzar i compartir grans quantitats de dades georeferenciades en un entorn geogràfic. La utilitat dels SIG en la gestió d'informació es basa en la seva funcionalitat que integra la gestió de les dades, la manipulació i la elaboració de noves dades i la visualització de les mateixes en una interfície interactiva que permet la consulta i gestió de tot el conjunt d'informació.

Els softwares utilitzats en el desenvolupament d'aquest projecte han demostrat la seva validesa. Els SIG és caracteritzen per l'ús de moltes i diferents tecnologies que permeten arribar a resultats satisfactoris sense la necessitat de renunciar a aspectes com solidesa, consistència, agilitat o funcionalitat en una aplicació web. Aquest projecte s'ha realitzat íntegrament amb programari lliure, fet que demostra les grans possibilitats tecnològiques de que es disposa avui dia en l'àmbit de la programació web i la gestió de bases de dades.

El visor web per a la gestió i visualització de les estacions meteorològiques ha de servir per consultar de manera àgil i ràpida qualsevol aspecte relacionat amb la ubicació i les característiques de les entitats del SIG; l'aplicació ha de ser útil per als tècnics de l'empresa, amb l'objectiu d'integrar-se amb la resta d'eines i programes que aquests puguin utilitzar en el desenvolupament quotidià de les seves tasques, sent un suport pràctic i dinàmic que permeti millorar la seva feina.

Aquest projecte es podria considerar la primera part d'un projecte més ampli, ja que, degut a les limitacions temporals que tot treball de fi de màster implica, hi ha aspectes de l'aplicació que es poden millorar. De cara a una segona part del projecte s'hauria de millorar el càlcul de rutes, de manera que es pogués iniciar la ruta a qualsevol punt del mapa, així com acabar de definir la manera en que es mostra el temps de recorregut, doncs ara sempre es mostra en minuts, quan el més lògic seria que un cop es superes l'hora es mostres en hores.

Aquest projecte s'ha desenvolupat amb l'objectiu de poder implementar un SIG de caire corporatiu que demostrï la validesa d'aquests sistemes informàtics en la gestió de grans volums d'informació. El projecte de les estacions meteorològiques és un test de validació en l'ús d'aquests sistemes, sense pretendre obviar la mida reduïda del projecte ni les seves limitacions, el que tampoc hauria d'ocultar les grans possibilitats que ofereixen els sistemes d'informació geogràfica. L'ús de la tecnologia dels Sistemes d'Informació Geogràfica té un gran futur en totes aquelles companyies, organitzacions i col·lectius que produeixin i gestionin volums importants d'informació. L'ús d'aplicacions de cartografia en entorns web permet i permetrà la difusió de gran quantitat d'informació geogràfica i l'accés a tota la informació que les organitzacions i col·lectius vulguin compartir.

8. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

NUNES, J. (2015) *“Desenvolupament i implantació de projectes de Sistemes d’Informació Geogràfica”*. Bellaterra (Barcelona): Departament de Geografia. Universitat Autònoma de Barcelona.

NUNES, J. (2014). Clients SIG. Màster en Tecnologies de la Informació Geogràfica. LIGIT. UAB. Departament de Geografia.

RODRÍGUEZ ALSINA, A. (2014). Sistemes de Gestió de Bases de Dades. Màster en Tecnologies de la Informació Geogràfica. LIGIT. UAB. Departament de Geografia.

NUNES, J. (2014). Bases de dades espacials. Màster en Tecnologies de la Informació Geogràfica. UAB. Departament de Geografia

FERNANDEZ, E. (2014). Anàlisi i disseny d’aplicacions SIG. Màster en Tecnologies de la Informació Geogràfica. UAB. Departament de Geografia

Pàgines web consultades:

- Servei Meteorològic de Catalunya. Xarxa d’estacions.
<http://www.meteo.cat/observacions/llicitat-xema>
- Campbell Scientific. Productos. <https://www.campbellsci.com/products>
- Sensovant. Productos. <http://sensovant.com/index.html>
- Vaisala. Productos. <https://www.vaisala.com/en/products>
- Lambrecht. Porducts. <https://www.lambrecht.net/en/products/precipitation.html>
- Young. Productos. <http://www.youngusa.com/products/1/>
- Kipp&Zonen. Productos. <https://www.kippzonen.com/Products>
- Meter Group. Porducts. <https://www.metergroup.com/environment/products/>

- Geonica. Products. <https://www.geonica.com/section/products>
- Lufft. Products. <https://www.lufft.com/products/>
- Efesaro. Productos. <https://www.efesaro.com/productos/>
- Yuasa. Productos. <https://www.yuasa.es/batteries.html>
- L-com. Proucts. <www.l-com.com/wireless-antenna>
- Gemalto. Software. <https://www.gemalto.com/software-monetization>
- PostgreSQL. Documentation. <http://www.postgresql.org/docs>
- PostGIS. Documentation. <https://postgis.net/documentation/>
- Javascript. Documentation. <https://devdocs.io/javascript/>
- Javascript. Documentation. <https://javascript.info/>
- Javascript. Documentation. <https://www.w3schools.com/js/>
- jQuery API. Documentation. <https://api.jquery.com/>
- Ajax. Documentation. <https://api.jquery.com/category/ajax/>
- GeoJSON. Documentation. <https://geojson.org/>
- Java. Documentation. <https://docs.oracle.com/javase/8/docs/>
- JavaServer Pages. Documentation.
<https://docs.oracle.com/javaee/5/tutorial/doc/bnajo.html>
- Geoserver. Documentation. <https://docs.geoserver.org/>
- Free Marker Java Template Engine. Documentation. <https://freemarker.apache.org/>
- Apache Tomcat. Documentation. <http://tomcat.apache.org/tomcat-3.2-doc/index.html>

- Leaflet. Documentation. <https://leafletjs.com/reference-1.5.0.html>
- Openrouteservice. Documentation. <https://openrouteservice.org/dev/#/api-docs>
- Open Geospatial Consortium. Web Map Service.
<http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
- Geoserver. WMS reference.
<https://docs.geoserver.org/latest/en/user/services/wms/reference.html>
- Open Source Initiative. <https://opensource.org/osd>

9. ANNEXOS

ANNEX I. ESPECIFICACIONS TÈCNiques DELS SENSORS DE LES ESTACIONS METEOROLÒGIQUES

A. Especificacions tècniques

	MARCA	MODEL	PRECISIO	RESOLUCIÓ	RANG	SENYAL DE SORTIDA	LINEALITAT	LLINDAR	CAMP ESPECTRAL	SENSIBILITAT	PROGRAMA	TIPUS	FREQUENCIA	CAPACITAT	DIMENSIONS	CONFIGURACIÓ
SENTEMP	Vaisala	Hmp155 Humicap	±0.1°C	0.01°C	de -80 a +60 °C	0 - 1 V, 0 - 5 V, 0 - 10 V										
	Vaisala	Hmp4 Humicap	±0.1°C	0.01°C	de -70 a +180 °C	0 - 1 V, 0 - 5 V, 0 - 10 V										
	Sensovant	EE33-M	±0.1°C	0.01°C	de -40 a 180 °C	0 - 1 V, 0 - 5 V, 0 - 10 V										
	STA-01	Sonda Pt 100 normalitzada i linealitzada	±0.1°C	0.01°C	de -30°C a +50°C	Resistència										
SENPRE	Lambrecht	15189 Joss-Tognini	± 2 %	0.2 mm	2 cm ³ : 0..8 mm/min; 4 cm ³ : 0..16 mm/min	Contacte de canya, protegit per polaritat										
	SLL-02	Sistema de mesura per doble cullera basculant	±3%	0.2 mm	0.2 mm (0.2 l/m ²) per basculació	Contacte obert/tancat										
	Campbell Scientific	ARG100	± 2 %	0.2 mm	0.2 mm, 0.25 mm si es requereix	Contacte tanca ment a punta										
SENDVENT	R. M. Young	05106 Marine	±3°	1°	de 0 a 360°	Tensió analògica de corrent continu	1%	1.1 m/s								
	R. M. Young	05103V	±3°	1°	de 0 a 360°	Tensió analògica de corrent continu	1%	1.0 m/s								
	SDV-01	Doble potenciòmetre en tàndem sense angle mort	±1°	1°	de 0 a 360°	Resistència	0.5%	0.2 m/s								
SENVVENT	R. M. Young	05106 Marine	±0.3 m/s	0.1 m/s	de 0 a 100 m/s	Tensió corrent induïda magnèticament										
	R. M. Young	05103V	±0.3 m/s	0.1 m/s	de 0 a 100 m/s	Tensió corrent induïda magnèticament										
	SVV-01	Generador DC	±0.2 m/s	0.1 m/s	de 0.5 a 75 m/s	Tensió										
SENAD	Vaisala	PTB 110	0.3 hPa	0.1 hPa	de 500 a 1100 hPa	0 - 2.5 V, 0 - 5 V	±0.25 hPa									
	Geonica	PTH-4000	±0.1 hPa	0.01 hPa	de 260 a 1260 hPa	SDI-12	1%									
	SPA-01	Integrat en la circuiteria de la EM 100/200	0.2%	1 mb	de 600 a 1050 mb	Tensió	1%									
SENRAD	Kipp&Zonen	CMP3	1°	1 W/m ²	de 0 a 1800 W/m ²	de 0 a 20 mV	<1%		de 300 a 2800 nm	de 5 a 20 µV/Wm ²						
	DIRMHIRN SRS-01	Piranòmetre blanc-negre	1°	1 W/m ²	de 0 a 1300 W/m ²	Tensió	2.5%		de 0.3 a 3 µm	20 µV/Wm ²						
	Sensovant	LPO2	1°	1 W/m ²	de 0 a 2000 W/m ²	Analog 4 - 20 mA signal	<1.8 %		de 285 a 3000 nm	15 µV/Wm ²						
SENHUM	Vaisala	Hmp155 Humicap	±1 %RH	1%	de 0 a 100 %RH	0 - 1 V, 0 - 5 V, 0 - 10 V										
	Vaisala	Hmp4 Humicap	±0.8 %RH	1%	de 0 a 100 %RH	0 - 1 V, 0 - 5 V, 0 - 10 V										
	SHR - 01	Metxa sintètica accionant potenciòmetre de precisió	±2,5% RH	1%	de 0 a 100 %RH	Resistència										
	SHR - 02	Sensor capacitiu basat en polímer higroscòpic	±1% de 5 a 95% i ±2% en extrems	1%	de 0 a 100 %RH	Tensió										
	Sensovant	EE33-M	± 2.3 % RH	1%	de 0 a 100 %RH	0 - 1 V, 0 - 5 V, 0 - 10 V										
SENHUMEC	Campbell Scientific	LWS (Leaf Wetness Sensor)	± 4% RH	0.5%	de 0 a 100 %RH	de 250 a 1500 mV										
	Onset	S-LWA-M003	± 5% RH	0.59%	de 0 a 100 %RH	de 300 a 1800 mV										
	Meter Group	Phytos 31	± 5% RH	0.5%	de 0 a 100 %RH	de 300 a 1250 mV										
SENVIO	Kipp&Zonen	Radiòmetre SUV-A	1°	1 W/m ²	de 0 a 90 W/m ²	de 0 a 1 V	<1 %		de 315 a 400 nm	de 350 a 500 µV/Wm ²						
	Kipp&Zonen	Radiòmetre CUV5	1°	1 W/m ²	de 0 a 80 W/m ²	de 0 a 1 V	<1 %		de 280 a 400 nm	de 300 a 500 µV/Wm ²						
SENNEU	Campbell Scientific	SRS0	± 1cm o 0.4% de la distancia a l'objecte	0.1mm	de 0.5 a 10 metres	SDI-12, tren de pulsos (0-5V)	<0,15 %									
	Lufft	SHM 30	< ± 5 mm	0.1mm	de 0 a 15 metres	SDI-12	<0,15 %									
	Efesaro	Sommer USH8	0.1 %	1 mm	de 0 a 10 metres	Analog 4 - 20 mA signal	<0,15 %									
SENSUB10	Campbell Scientific	Temperature Probe 107	±0.2°C	0.01°C	de -35° a +50°C	SDI-12	≤ ±0.01°C									
	Campbell Scientific	Temperature Probe 108	±0.2°C	0.01°C	de -5° a +95°C	SDI-12	≤ ±0.01°C									
SENSUB50	Campbell Scientific	Temperature Probe 109	±0.2°C	0.01°C	de -50° a +70°C	SDI-12	≤ 0.03°C									
	Onset	SM150T	±0.25°C	0.01°C	de 0 a 60°C	de 0 a 1 V	≤ 0.03°C									

*Vegeu la pàgina següent per veure la relació entre els alies i els noms dels sensors

Al·lies	Nom del sensor
SENTEMP	Sensor de temperatura
SENPRE	Sensor de precipitació
SENDVENT	Sensor de direcció del vent
SENVENT	Sensor de velocitat del vent
SENAD	Sensor de pressió atmosfèrica
SENRAD	Sensor de radiació solar

SENHUM	Sensor d'humitat relativa
SENHUMEC	Sensor d'humectació
SENVIO	Sensor de radiació ultraviolada
SENNEU	Sensor de gruix de neu
SENSUB10	Sensor de temperatura a subsòl a 10 cm
SENSUB50	Sensor de temperatura a subsòl a 50 cm

LOGGER	Data logger
BATERIA	Bateria
PLASOL	Plaques solars
MODEM	Mòdem
ANTENA	Antena
RECAR	Regulador de carga

B. Exemples de models de sensors meteorològics

Sensor de temperatura



Sensor HMP 155
HUMICAP de Vaisala

Sensor de precipitació



Sensor 15189
Joss-Tognini de Lambrecht

Sensor de velocitat i direcció del vent



Sensor de direcció i velocitat del
Vent 05106 Marine de R. M. Young

Sensor de pressió atmosfèrica



Sensor PTH-4000
De Geonica

Sensor de radiació solar



Piranòmetre LPO2 de Sensovant

Sensor de radiació ultraviolada



Radiòmetre
CUV5 de Kipp&Zonen

Sensor d'humitat relativa



Sensor HMP4 HUMICAP de Vaisala

Sensor d'humectació



Sensor LWS
(Leaf Wetness Sensor)
de Campbell Scientific

Sensor de gruix de neu



Sensor SR50 ultrasònic
de Campbell Scientific

Sensor de temperatura a subsòl a 10 cm



Sensor Temperature Probe 107
de Campbell Scientific

Sensor de temperatura a subsòl a 50 cm



Sensor Temperature Probe 109
de Campbell Scientific

ANNEX II. ESPECIFICACIONS TÈCNiques DELS COMPONENTS DE LES ESTACIONS METEOROLÒGIQUES

A. Components tècnics

LOGGER	Campbell Scientific	CR1000									Network Planner					
	Sensovant	FieldLogger Novus									Fieldchart					
	Meter Group	Em5b									ECH20 Utility					
BATERIA	Yuasa	NP12-12												12 Ah		
	Enduring	CB-12-12												12 Ah		
	Yuasa	YBK3069												70 Ah		
	RITAR	AGM 12V												70 Ah		
PLASOL	Campbell Scientific	SP10												10W	41.9 x 26.9 x 2.3 cm	
	Campbell Scientific	SP30												30W	41.4 x 51 x 3 cm	
	Vaisala	SOLAR30												30W	45 x 54.5 x 2.8 cm	
MODEM	Gemalto	Cinterion BGS2T														GPRS/GSM
	Siemens	SINAUT MD720-3														GPRS/GSM
	Gemalto	Cinterion MCS5i-W														GPRS/GSM
ANTENA	L-com	HGV-903U Omni Antenna									Omni direccional	824-960 MHz				
	L-com	HG913Y Yagi Antenna									Direccional	890-960 MHz				
	L-com	RE905U Range Extenders									Omni direccional	824-960 MHz				
RECAR	Campbell Scientific	CH200														
	Schneider	Xantrex 35A														

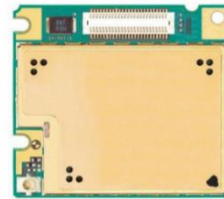
B. Exemples de models de components tècnics

Data Logger



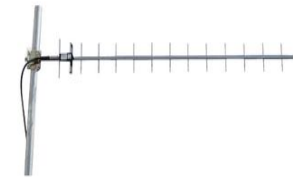
Data Logger CR 1000 de Campbell Scientific

Mòdem



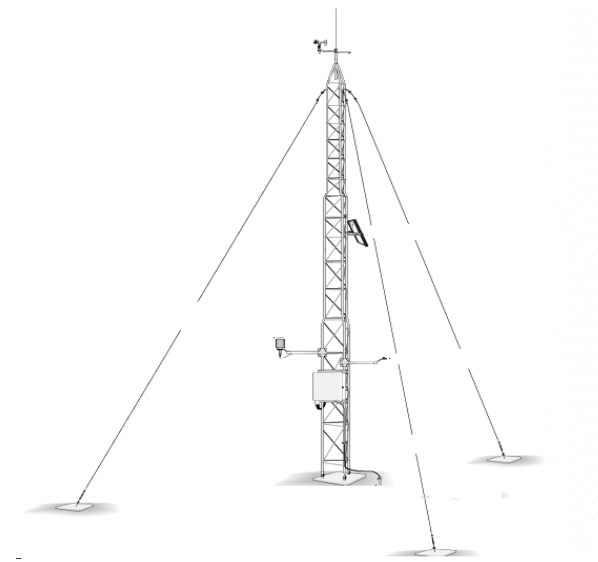
Mòdem Cinterion MC55i-W de Gemalto

Antena



Antena HG913Y Yagi de L-Com

Torre de l'estació



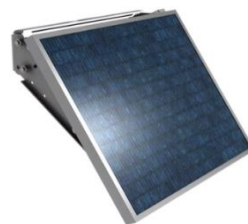
Exemple de torre de 10

Regulador de carga



Regulador de carga CH200 de Campbell Scientific

Placa solar



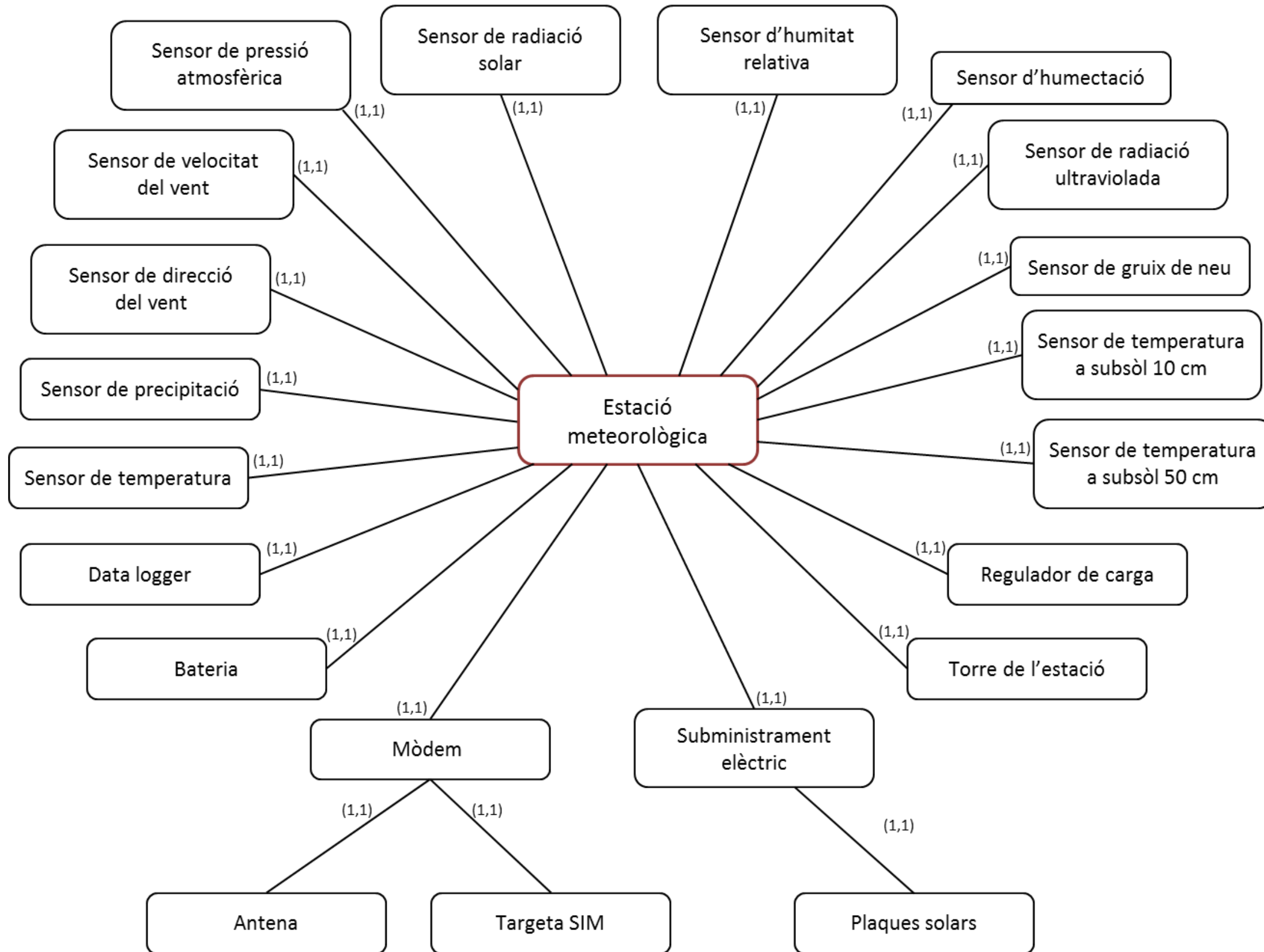
Placa solar SP30 de 30W de Campbell Scientific

Bateria



Bateria NP 12 - 12 12V 12 Ah de Yuasa

ANNEX III. DISSENY CONCEPTUAL DE LA BASE DE DADES



ANNEX IV. DEFINICIÓ DE LES ENTITATS DEL SIG

A. Taules

Estació meteorològica - ESTMET		
Nom físic	Descripció	Tipus
estmet_cd	codi de l'estació	INTEGER (3)
denom	denominació	VARCHAR (150)
municipi	municipi	VARCHAR (100)
municipi_INE	codi del municipi	VARCHAR (6)
comarca	comarca	VARCHAR (100)
latitud	latitud	DOUBLE
longitud	longitud	DOUBLE
altitud	altitud	INTEGER (4)
d_alta	data d'alta	DATE
d_baixa	data de baixa	DATE
estat	estat actual	DOMAIN
fk_senemp_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_senpre_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_senvent_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_sendvent_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_senad_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_senrad_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_senhum_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_senhumec_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_senvio_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_senneu_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_sensub10_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_sensub50_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
fk_logger_cd	codi del data logger	INTEGER (3)
fk_bat_cd	codi de la bateria	INTEGER (3)
fk_subelec_cd	codi del subministrament	INTEGER (3)
fk_mod_cd	codi del modem	INTEGER (3)
fk_recar_cd	codi del regulador	INTEGER (3)
fk_torrest_cd	codi de la torre	INTEGER (3)

Sensor de gruix de neu - SENNEU		
Nom físic	Descripció	Tipus
senneu_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
sennneu_ma	marca del sensor	DOMAIN
senneu_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
senneu_dur	data d'última revisió	DATE
senneu_dus	data última substitució	DATE
senneu_rang	rang	DOMAIN
senneu_pres	precisió	DOMAIN
senneu_res	resolució	DOMAIN
senneu_lin	linealitat	DOMAIN
senneu_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor de temperatura - SENTEMP		
Nom físic	Descripció	Tipus
senemp_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
senemp_ma	marca del sensor	DOMAIN
senemp_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
senemp_dur	data d'última revisió	DATE
senemp_dus	data última substitució	DATE
senemp_rang	rang	DOMAIN
senemp_pres	precisió	DOMAIN
senemp_res	resolució	DOMAIN
senemp_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor de precipitació - SENPRE		
Nom físic	Descripció	Tipus
senpre_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
senpre_ma	marca del sensor	DOMAIN
senpre_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
senpre_dur	data d'última revisió	DATE
senpre_dus	data última substitució	DATE
corr_sen	sensor de corrent	BOOLEAN
calec	calefacció	BOOLEAN
senpre_rang	rang	DOMAIN
senpre_pres	precisió	DOMAIN
senpre_res	resolució	DOMAIN
senpre_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor de direcció del vent - SENDVENT		
Nom físic	Descripció	Tipus
sendvent_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
sendvent_ma	marca del sensor	DOMAIN
sendvent_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
sendvent_dur	data d'última revisió	DATE
sendvent_dus	data última substitució	DATE
sendvent_rang	rang	DOMAIN
sendvent_pres	precisió	DOMAIN
sendvent_res	resolució	DOMAIN
sendvent_lin	linelitat	DOMAIN
sendvent_lid	llindar	DOMAIN
sendvent_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor de velocitat del vent - SENVVENT		
Nom físic	Descripció	Tipus
senvvent_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
senvvent_ma	marca del sensor	DOMAIN
senvvent_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
senvvent_dur	data d'última revisió	DATE
senvvent_dus	data última substitució	DATE
senvvent_rang	rang	DOMAIN
senvvent_pres	precisió	DOMAIN
senvvent_res	resolució	DOMAIN
senvvent_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor de pressió atmosfèrica - SENAD		
Nom físic	Descripció	Tipus
senad_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
senad_ma	marca del sensor	DOMAIN
senad_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
senad_dur	data d'última revisió	DATE
senad_dus	data última substitució	DATE
senad_rang	rang	DOMAIN
senad_pres	precisió	DOMAIN
senad_res	resolució	DOMAIN
senad_lin	linealitat	DOMAIN
senad_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor de radiació ultravioleta - SENVIO		
Nom físic	Descripció	Tipus
senvio_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
senvio_ma	marca del sensor	DOMAIN
senvio_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
senvio_dur	data d'última revisió	DATE
senvio_dus	data última substitució	DATE
senvio_rang	rang	DOMAIN
senvio_sens	sensibilitat	DOMAIN
senvio_pres	precisió	DOMAIN
senvio_res	resolució	DOMAIN
senvio_lin	linealitat	DOMAIN
senvio_caes	campes espectral	DOMAIN
senvio_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor de temperatura de subsol a 50 cm - SENSUB50		
Nom físic	Descripció	Tipus
sensub50_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
sensub50_ma	marca del sensor	DOMAIN
sensub50_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
sensub50_dur	data d'última revisió	DATE
sensub50_dus	data última substitució	DATE
sensub50_rang	rang	DOMAIN
sensub50_pres	precisió	DOMAIN
sensub50_res	resolució	DOMAIN
sensub50_lin	linealitat	DOMAIN
sensub50_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor d'humectació - SENHUMEC		
Nom físic	Descripció	Tipus
senhumec_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
senhumec_ma	marca del sensor	DOMAIN
senhumec_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
senhumec_dur	data d'última revisió	DATE
senhumec_dus	data última substitució	DATE
senhumec_rang	rang	DOMAIN
senhumec_pres	precisió	DOMAIN
senhumec_res	resolució	DOMAIN
senhumec_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor d'humitat relativa - SENHUM		
Nom físic	Descripció	Tipus
senhum_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
senhum_ma	marca del sensor	DOMAIN
senhum_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
senhum_dur	data d'última revisió	DATE
senhum_dus	data última substitució	DATE
senhum_rang	rang	DOMAIN
senhum_pres	precisió	DOMAIN
senhum_res	resolució	DOMAIN
senhum_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor de radiació solar - SENRAD		
Nom físic	Descripció	Tipus
senrad_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
senrad_ma	marca del sensor	DOMAIN
senrad_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
senrad_dur	data d'última revisió	DATE
senrad_dus	data última substitució	DATE
senrad_rang	rang	DOMAIN
senrad_sens	sensibilitat	DOMAIN
senrad_pres	precisió	DOMAIN
senrad_res	resolució	DOMAIN
senrad_lin	linealitat	DOMAIN
senrad_caes	camp espectral	DOMAIN
senrad_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Sensor de temperatura de subsol a 10 cm - SENSUB10		
Nom físic	Descripció	Tipus
sensub10_cd	codi del sensor	INTEGER (3)
sensub10_ma	marca del sensor	DOMAIN
sensub10_md	model del sensor	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (15)
sensub10_dur	data d'última revisió	DATE
sensub10_dus	data última substitució	DATE
sensub10_rang	rang	DOMAIN
sensub10_pres	precisió	DOMAIN
sensub10_res	resolució	DOMAIN
sensub10_lin	linealitat	DOMAIN
sensub10_sor	senyal de sortida	DOMAIN

Data Logger - LOGGER		
Nom físic	Descripció	Tipus
logger_cd	codi del data logger	INTEGER (3)
logger_mc	marca del data logger	DOMAIN
logger_md	model del data logger	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (20)
programa	programa del data logger	DOMAIN
logger_dur	data d'última revisió	DATE
logger_dus	data última substitució	DATE

Bateria - BAT		
Nom físic	Descripció	Tipus
bat_cd	codi de la bateria	INTEGER (3)
bat_mc	marca de la bateria	DOMAIN
bat_md	model de la bateria	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (20)
bat_cap	capacitat (aH)	DOMAIN
bat_dur	data d'última revisió	DATE
bat_dus	data última substitució	DATE

Mòdem - MOD		
Nom físic	Descripció	Tipus
mod_cd	codi del mòdem	INTEGER (3)
mod_mc	marca del mòdem	DOMAIN
mod_md	model del mòdem	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (20)
mod_conf	configuració del mòdem	DOMAIN
mod_dur	data d'última revisió	DATE
mod_dus	data última substitució	DATE
fk_ant_cd	codi d'antena	INTEGER (3)
fk_sim_cd	codi de la tarjeta SIM	INTEGER (3)

Regulador de carga - RECAR		
Nom físic	Descripció	Tipus
recar_cd	codi del regulador de carga	INTEGER (3)
recar_mc	marca del regulador de carga	DOMAIN
recar_md	model del regulador de carga	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (20)
recar_dur	data d'última revisió	DATE
recar_dus	data última substitució	DATE

Antena - ANT		
Nom físic	Descripció	Tipus
ant_cd	codi de l'antena	INTEGER (3)
ant_ma	marca	DOMAIN
ant_md	model	DOMAIN
ant_tp	tipus	DOMAIN
ant_freq	frequència	DOMAIN
ant_alc	alçada de l'antena	VARCHAR (10)

Subministrament elèctric - SUBELEC		
Nom físic	Descripció	Tipus
subelec_cd	codi de subministrament	INTEGER (3)
subelec_tipus	tipus de subministrament	DOMAIN

Tarjeta SIM - SIM		
Nom físic	Descripció	Tipus
sim_cd	codi de la tarjeta SIM	INTEGER (3)
sim_tel	número de telèfon	INTEGER (10)
num_serie	número de sèrie	INTEGER (20)
sim_dur	data d'última revisió	DATE
sim_dus	data última substitució	DATE

Plaquas solars - PLASOL		
Nom físic	Descripció	Tipus
plasol_cd	codi de la placa solar	INTEGER (3)
plasol_mc	marca de la placa solar	DOMAIN
plasol_md	model de la placa solar	DOMAIN
plasol_dim	dimensions de la placa solar	DOMAIN
plasol_cap	capacitat	DOMAIN
num_serie	número de sèrie	INTEGER (20)
plasol_dur	data d'última revisió	DATE
plasol_dus	data última substitució	DATE
fk_subelec_cd	codi de subministrament	INTEGER (3)

Torre de l'estació - TORREST		
Nom físic	Descripció	Tipus
torrest_cd	codi de la torre	INTEGER (2)
alçada	alçada de la torre	INTEGER (2)

B. Dominis

ANT MARCA domain VALUE= 'L-com '

ANT MODEL domain VALUE= 'HGV-903U Omni Antenna' OR 'HG913Y Yagi Antenna' OR 'RE905U Range Extenders'

ANT TIPUS domain VALUE='Omnidireccional' OR 'Direccional'

ANT FREQ domain VALUE= '824-960 MHz' OR '890-960 MHz'

BAT CAPACITAT domain VALUE= '12 Ah' OR '70 Ah'

BAT MARCA domain VALUE= 'Yuasa' OR 'Enduring' OR 'RITAR'

BAT MODEL domain VALUE= 'NP12-12' OR 'CB-12-12' OR 'YBX3069' OR 'AGM 12W'

ESTMET ESTAT domain VALUE= 'Operativa' OR 'Desmantellada'

LOGG MARCA domain VALUE= 'Campbell Scientific' OR 'Sensovant' OR 'Meter Group'

LOGG MODEL domain VALUE= 'CR1000' OR 'FieldLogger Novus' OR 'Em5b'

LOGG PROG domain VALUE= 'Network Planner' OR 'Fieldchart' OR 'ECH20 Utility'

MOD CONFIG domain VALUE= 'GPRS/GSM'

MOD MARCA domain VALUE= 'Gemalto' OR 'Siemens'

MOD MODEL domain VALUE= 'Cinterion BGS2T' OR 'SINAUT MD720-3' OR 'Cinterion MC55i-W'

PLASOL CAP domain VALUE= '10W' OR '30W'

PLASOL DIMENSIO domain VALUE= '41.9 x 26.9 x 2.3 cm' OR '41.4 x 51 x 3 cm' OR '45 x 54.5 x 2.8 cm'

PLASOL MARCA domain VALUE= 'Campbell Scientific' OR 'Vaisala'

PLASOL MODEL domain VALUE= 'SP10' OR 'SP30' OR 'SOLAR30'

RECAR MARCA domain VALUE= 'Campbell Scientific' OR 'Schneider' OR 'Victron Energy'

RECAR MODEL domain VALUE= 'CH200' OR 'Xantrex 35A' OR 'BlueSolar PWM-Pro'

SENAD LIN domain VALUE= '±0.25 hPa' OR '1%'

SENAD MARCA domain VALUE= 'Vaisala' OR 'Geonica' OR 'SPA-01'

SENAD MODEL domain VALUE= 'PTB 110' OR 'PTH-4000' OR 'Integrat en la circuiteria de la EM 100/200'

SENAD PRES domain VALUE= '0.3 hPa' OR '±0.1 hPa' OR '0.2%'

SENAD RANG domain VALUE= 'de500 a 1100 hPa' OR 'de 260 a 1260 hPa' OR 'de 600 a 1050 mb'

SENAD RES domain VALUE= '1 W/m²'

SENAD SOR domain VALUE= '0 - 2.5 V, 0 - 5 V' OR 'SDI-12' OR 'Tensió'

SENDVENT LID domain VALUE= '1.1 m/s' OR '1.0 m/s' OR '0.2 m/s'

SENDVENT LIN domain VALUE= '1%' OR '0.5%'

SENDVENT MARCA domain	VALUE= 'R. M. Young' OR 'SDV-01'
SENDVENT MODEL domain	VALUE= '05106 Marine' OR '05103V' OR 'Doble potenciòmetre en tàndem sense angle mort'
SENDVENT PRES domain	VALUE= '±3°' OR '±1°'
SENDVENT RANG domain	VALUE= 'de 0 a 360°'
SENDVENT RES domain	VALUE= '1°'
SENDVENT SOR domain	VALUE= 'Tensió analògica de corrent continu' OR 'Resistència'
SENHUM MARCA domain	VALUE= 'Vaisala' OR 'SHR - 01' OR 'SHR - 02' OR 'Sensovant'
SENHUM MODEL domain	VALUE= 'Hmp155 Humicap' OR 'Hmp4 Humicap' OR 'Metxa sintètica accionant potenciòmetre de precisió' OR 'Sensor capacitiu basat en polímer higroscòpic' OR 'EE33-M'
SENHUM PRES domain	VALUE= '±1 %RH' OR '±0.8 %RH' OR '±2.5% RH' OR '±1% de 5 a 95% i ±2% en extrems' OR '± 2.3 % RH'
SENHUM RANG domain	VALUE= 'de 0 a 100 %RH'
SENHUM RES domain	VALUE= '1%'
SENHUM SOR domain	VALUE= '0 - 1 V, 0 - 5 V, 0 - 10 V' OR 'Resistència' OR 'Tensió'
SENHUMEC MARCA domain	VALUE= 'Campbell Scientific' OR 'Onset' OR 'Meter Group'
SENHUMEC MODEL domain	VALUE= 'LWS (Leaf Wetness Sensor)' OR 'S-LWA-M003' OR 'Phytos 31'
SENHUMEC PRES domain	VALUE= '± 4% RH' OR '± 5% RH'
SENHUMEC RANG domain	VALUE= 'de 0 a 100 %RH'
SENHUMEC RES domain	VALUE= '0.5%' OR '0.59%'
SENHUMEC SOR domain	VALUE= 'de 250 a 1500 mV' OR 'de 300 a 1800 mV' OR 'de 300 a 1250 mV'
SENNEU LIN domain	VALUE= '<0,15 %'
SENNEU MARCA domain	VALUE= 'Campbell Scientific' OR 'Lufft' OR 'Efesaro'
SENNEU MODEL domain	VALUE= 'SR50' OR 'SHM 30' OR 'Sommer USH8'
SENNEU PRES domain	VALUE= '± 1cm o 0.4% de la distancia a l'objecte' OR '< ± 5 mm' OR '0.1 %'
SENNEU RANG domain	VALUE= 'de 0 a 15 metres' OR 'de 0.5 a 10 metres' OR 'de 0 a 10 metres'
SENNEU RES domain	VALUE= '0.1mm' OR '1 mm'
SENNEU SOR domain	VALUE= 'SDI-12, tren de pulsos (0-5V)' OR 'SDI-12' OR 'Analog 4 - 20 mA signal'
SENPRES MARCA domain	VALUE= 'Lambrecht' OR 'SLL-02' OR 'Campbell Scientific'
SENPRES MODEL domain	VALUE= '15189 Joss-Tognini' OR 'Sistema de mesura per doble cullera basculant' OR 'ARG100'
SENPRES PRES domain	VALUE= '± 2%' OR '± 3%'
SENPRES RANG domain	VALUE= '2 cm ³ : 0...8 mm/min; 4 cm ³ : 0...16 mm/min' OR '0.2 mm (0,2 l/m ²) per basculació' OR '0.2 mm, 0.25 mm si es requereix'

SENPRES domain	VALUE= '0.2 mm'
SENPRES SOR domain	VALUE= 'Contacte de canya, protegit per polaritat' OR 'Contacte obert/tancat' OR 'Contacte tancament a punta'
SENRAD CAES domain	VALUE= 'de 300 a 2800 nm' OR 'de 0.3 a 3 µm' OR 'de 285 a 3000 nm'
SENRAD MARCA domain	VALUE= 'Kipp&Zonen' OR 'DIRMHIRN SRS-01' OR 'Sensovant'
SENRAD MODEL domain	VALUE= 'CMP3' OR 'Piranòmetre blanc-negre' OR 'LP02'
SENRAD PRES domain	VALUE= '1°'
SENRAD RANG domain	VALUE= 'de 0 a 1800 W/m ² ' OR 'de 0 a 1300 W/m ² ' OR 'de 0 a 2000 W/m ² '
SENRAD RES domain	VALUE= '1 W/m ² '
SENRAD SENS domain	VALUE= 'de 5 a 20 µV W/m ² ' OR '20 µV W/m ² ' OR '15 x 10 ⁻⁶ V/(W/m ²)'
SENRAD SOR domain	VALUE= 'de 0 a 20 mV' OR 'Tensió' OR 'Analog 4 - 20 mA signal'
SENSUB10 LIN domain	VALUE= '≤ ±0.01°C'
SENSUB10 MARCA domain	VALUE= 'Campbell Scientific'
SENSUB10 MODEL domain	VALUE= 'Temperature Probe 107' OR 'Temperature Probe 108'
SENSUB10 PRES domain	VALUE= '±0.2°C'
SENSUB10 RANG domain	VALUE= 'de -35° a +50°C' OR 'de -5° a +95°C'
SENSUB10 RES domain	VALUE= '0.01°C'
SENSUB10 SOR domain	VALUE= 'SDI-12'
SENSUB50 LIN domain	VALUE= '≤ ±0.03°C'
SENSUB50 MARCA domain	VALUE= 'Campbell Scientific' OR 'Onset'
SENSUB50 MODEL domain	VALUE= 'Temperature Probe 109' OR 'SM150T'
SENSUB50 PRES domain	VALUE= '±0.2°C' OR '±0.25°C'
SENSUB50 RANG domain	VALUE= 'de -35° a +50°C' OR 'de -5° a +95°C'
SENSUB50 RES domain	VALUE= '0.01°C'
SENSUB50 SOR domain	VALUE= 'SDI-12' OR 'de 0 a 1 V'
SENTEMP MARCA domain	VALUE= 'Vaisala' OR 'Sensovant' OR 'STA-01'
SENTEMP MODEL domain normalitzada i linealitzada'	VALUE= 'Hmp155 Humicap' OR 'Hmp4 Humicap' OR 'EE33-M' OR 'Sonda Pt 100'
SENTEMP PRES domain	VALUE= '±0.1°C'
SENTEMP RANG domain	VALUE= 'de -80 a +60 °C' OR 'de -70 a +180 °C' OR 'de -40 a 180 °C' OR 'de -30°C a +50°C'
SENTEMP RES domain	VALUE= '0.01°C'
SENTEMP SOR domain	VALUE= '0 - 1 V, 0 - 5 V, 0 - 10 V' OR 'Resistència'

SENVIO CAES domain	VALUE= '315 to 400 nm' OR '280 to 400 nm'
SENVIO LIN domain	VALUE= '< 1 %'
SENVIO MARCA domain	VALUE= 'Kipp&Zonen'
SENVIO MODEL domain	VALUE= 'Radiòmetre SUV-A' OR 'Radiòmetre CUV5'
SENVIO PRES domain	VALUE= '1°'
SENVIO RANG domain	VALUE= 'de 0 a 90 W/m ² ' OR 'de 0 a 80 W/m ² '
SENVIO RES domain	VALUE= '1 W/m ² '
SENVIO SENS domain	VALUE= 'de 350 a 500µV/Wm ² ' OR 'de 300 a 500µV/Wm ² '
SENVIO SOR domain	VALUE= 'de 0 a 1 V'
SENVVENT MARCA domain	VALUE= 'R. M. Young' OR 'SVV-01'
SENVVENT MODEL domain	VALUE= '05106 Marine' OR '05103V' OR 'Generador DC'
SENVVENT PRES domain	VALUE= '±0.3 m/s' OR '±0.2 m/s'
SENVVENT RANG domain	VALUE= 'de 0 a 100 m/s' OR 'de 0.5 a 75 m/s'
SENVVENT RES domain	VALUE= '0,1 m/s'
SENVVENT SOR domain	VALUE= 'Tensió corrent induïda magnèticament' OR 'Tensió'
SUBELEC TIPUS domain	VALUE= 'Plaques solars' OR 'Xarxa elèctrica'

ANNEX V. MODEL LÒGIC DE LA BASE DE DADES

