UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA

Enginyeria Informàtica

Localització Indoor a través de dispositius Android

Alumna: Pilar Sánchez Muelas (psanchezmu@uoc.edu)

Dirigit per: Laia Descamps Vila

CURS 2012-2013 (Setembre)

Esta obra está sujeta a la licencia Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 España de Creative Commons.

Para ver una copia de esta licencia, visite http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/ o envie una carta a Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

Resum executiu

Des del naixement dels Sistemes d'Informació Geogràfica, els SIG, als anys seixanta del passat segle s'han fet avenços fonamentals en els camps de la generació i gestió de mapes digitals, la explotació d'informació georeferenciada i en la construcció de sistemes que permeten la localització en temps real..

L'adveniment dels sistemes de posicionament basats en satèl·lits , els Global Navigation Satellite System o GNSS, i en particular del Global Positioning Systen (GPS) i la seva incorporació a la vida quotidiana gracies a iniciatives com GoogleMaps i la seva integració en dispositius mòbils com els navegadors, els smartphones i les tabletes han fet que es doni per descomptat la possibilitat de conèixer la nostra posició al món.

En entorns on no és possible utilitzar els GNSS en no tenir una línia de visió directa amb els satèl·lits, com succeeix al l'interior dels edificis o al subsòl, s'han de cercar altres alternatives que permetin el posicionament. Les dues tendències actuals pel posicionament "indoor" són dotar d'infraestructures específiques per recolzar els sistemes de posicionament o aprofitar les existents, com les xarxes de telecomunicacions, les WiFi i fins i tot el magnetisme per dur a terme la determinació de la posició.

WiFiSLAM és una companyia que proporciona una solució basada en l'explotació de les intensitats dels senyals dels Access Point WiFi presents. WiFiSLAM proporciona una web per gestionar els plànols de les localitzacions i obtenir informació analítica, una aplicació mòbil (APP) per dur a terme les tasques de cal·libració que permeten generar els models de distribució de senyal i un SDK per integrar la posició sobre plànol en una aplicació comercial Android.

Durant el Projecte s'ha planificat i dut a terme la creació i verificació d'un APP que simula una aplicació comercial senzilla. S'ha seleccionat una localització, el Centre Comercial l'Illa Diagonal, s'ha cal·librat seguint les instruccions de WiFiSLAM, s'ha creat un APP que integra la visualització de la posició sobre plànol basada en el SDK de WiFiSLAM amb funcions de càlcul de distàncies i s'han fet proves per acotar la fiabilitat de la solució, la seva exactitud i la seva precisió.

Els resultats de les proves han detectat que WiFiSLAM no té un comportament estable. Els resultats també mostren que WiFiSLAM presenta una exactitud i una precisió variable en funció de l'estabilitat dels Access Point WiFi i de l'arquitectura de l'edifici. Sense condicions controlades no es pot garantir que l'error comés en el posicionament està prou acotat per una aplicació comercial.

Resumen ejecutivo

Desde el nacimiento de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), durante los años sesenta del siglo pasado, se han hecho avances fundamentales en los campos de la generación y gestión de mapas digitales, la explotación de información georeferenciada y la construcción de sistemas que permiten la localización en tiempo real.

El advenimiento de los sistemas de posicionamiento basados en satélites, los Global Navigation Satellite System o GNSS, y en particular del Global Positioning System (GPS) y su incorporación a la vida cotidiana gracias a las iniciativas como GoogleMaps y su integración en los dispositivos móviles como los navegadores, los smartphones i las tabletas, han hecho que se dé por hecho la posibilidad de conocer nuestra posición en el mundo.

En los entornos en los que no es posible usar el GNSS al no tener una línea de visión directa con los satélites, como sucede en el interior de los edificios o en el subsuelo, se han de buscar otras alternativas que permitan el posicionamiento. Las dos principales tendencias actuales para el posicionamiento 'indoor' son dotar de infraestructuras específicas para dar soporte a los sistemas de posicionamiento o bien aprovechar las ya existentes, tales como las redes de telecomunicaciones, WiFi, e incluso el magnetismo para llevar a cabo la determinación de la posición.

WiFiSLAM es una compañía que proporciona una solución basada en la explotación de las intensidades de las señales de los Access Point WiFi presentes. WiFi SLAM proporciona una web para gestionar los planos de las localizaciones y obtener información analítica, una aplicación móvil (APP) para llevar a cabo las tareas de calibración que permiten generar los modelos de distribución de señal y un SDK para integrar la posición sobre el plano en una aplicación comercial Android.

Durante el Proyecto se ha planificado y se ha llevado a cabo la creación y verificación de una APP que simula una aplicación comercial sencilla. Se ha seleccionado una localización, el Centre Comercial l'Illa Diagonal, se ha calibrado siguiendo las instrucciones de WiFiSLAM, se ha creado una APP que integra la visualización de la posición sobre el plano basada en el SDK de WiFiSLAM con las funciones de cálculo de distancias y se han hecho pruebas para acotar la fiabilidad de la solución, la exactitud y su precisión.

Los resultados de las pruebas han detectado que WiFiSLAM no tiene un comportamiento estable. Los resultados también muestran que WiFiSLAM presenta una exactitud y una precisión variable en función de la estabilidad de los Access Point WiFi y de la arquitectura del edificio. Sin condiciones controladas no se puede garantizar que el error cometido en el posicionamiento esté lo suficientemente acotado para una aplicación comercial.

Executive Summary

Since the very beginning of the Geographical Information Systems (GIS), along the sixties, fundamental achievements have been accomplished in the fields of generation and digital maps management, geo-referenced information exploitation and in the construction of systems which allow real time positioning.

The implementation of location systems based on satellites – the Global Navigation Satellite System or GNSS – and, specially, the Global Positioning System (GPS) and their penetration into day to day activities, thanks to initiatives like GoogleMaps, and their integration into mobile devices like navigators, smartphones and tablets, make us take for granted that we can always know our geographical position when required.

Those environments in which the use of GNSS is not possible because of a lack of a direct vision with satellites, as the interior of buildings or underground, other alternatives must be sought to allow positioning. The two main present trends for indoor positioning are the implementation of specific infrastructures to enforce the positioning systems or to relay of existing ones like wirelss communication network and even magnetism in order to carry out the calculation of the position.

WiFiSLAM is a company that provides a solution based on the exploitation of the intensity of the signals from the surrounding WiFi Access Points. WiFiSLAM provides a web site to manage specific maps and obtain analytic information, a mobile application (APP) in order to carry out the calibration tasks required for the generation of the signal distribution models, and an SDK for the integration of the calculated positions on top of a map within an Android commercial application.

Along the project it has been planned and implemented the creation and testing of an APP that simulates a simple commercial application. A location has been selected – the Commercial Centre Illa Diagonal – it has been calibrated following the indications of WiFiSLAM, an APP has been created which integrates the visualization of the local position on top a map based on WiFiSLAM's SDK and which includes features like the calculation of distances, and the solution has been tested to narrow its reliability, its precision and exactitude.

The output of the testing has shown that WiFiSLAM does not enjoy a stable behavior. The results also reflect that WiFiSLAM shows a variable exactitude and precision related to the stability of the WiFi Access Points and the building's architecture. In case of a lack of control over those conditions it is not possible to guarantee that the positioning associated error is narrow enough as required for a commercial application.

Índex

1 Introducció 11

1.1 Justificació del PFC i context en el qual es desenvolupa 11

1.2 Objectius del projecte 11

1.3 Breu descripció dels altres capítols de la memòria 13

2 Estat de l'art de les tecnologies actuals 14

2.1 Els sistemes SIG 14

2.2 La localització indoor 16

2.3 El sistema WiFiSLAM 19

3 Programari pel disseny i desenvolupament de l'aplicació 23

3.1 Eines de desenvolupament per Android 23

3.2 Funcionalitats API WiFiSLAM 25

3.3 Requeriments de programari i maquinari pel desenvolupament 29

4 Selecció de la localització de les proves 31

4.1 Descripció de la ubicació i justificació 31

4.2 Plànols de la ubicació i capes d'accessibilitat 32

5 Disseny de l'aplicació 36

5.1 Disseny tecnològic 36

5.2 Anàlisi funcional 38

5.3 Disseny de funcions 42

6 Aplicació desenvolupada 47

6.1 Condicionants i limitacions 47

6.2 Implementació d'activitats i pantalles 48

6.2.1 Menú Inicial de selecció de Localització – MenuInicial 48

6.2.2 Menú d'opcions de l'aplicació - CentreComercialBase 50

6.2.3 Opció de selecció de destí "Vull anar" - SelectorDesti 53

6.2.4 Visualització de dades WiFiSLAM - DadesBasiques 56

6.2.5 Visualització sensors del telèfon - ACompass 57

6.2.6 Implementació de funcions de gestió de posicionament - MapViewActivity 59

6.2.7 Integració amb GoogleMaps i limitacions - VisualitzarGoogleOverlay 61

6.3 Implementació de la funció de càlcul de distàncies a un destí 62

6.4 Càlcul d'errors 63

7 Anàlisi de resultats 67
7.1 Consideracions al procés de Cal·libració 67
7.2 Consideracions al funcionament integrat de l'aplicació 69
7.3 Anàlisi de l'error teòric i experimental 73
8 Conclusions del projecte 77
9 Annexes 79
9.1 Estimació de la mitjana d'una població en termes de mitjana mostral. 79
9.2 Bibliografia 81
9.3 Enllaços 82
9.4 Documents auxiliars 83
9.5 Taules de mesures experimentals 84

Índex de Taules i il·lustracions

Il·lustració 1 : WiFi Access Points 19
Il·lustració 2 : Exemple de diagrama de AP-Strengh 21
Il·lustració 3: Distribució OS en Smartphones 23
Il·lustració 4: Aspecte d'Eclipse amb SDK Android 24
Il·lustració 5 : Visió general pàgina WiFiSLAM 26
Il·lustració 6: Vista exterior Illa Diagonal 31
Il·lustració 7: Vista exterior Pedralbes Centre 31
Il·lustració 9: Plànol Original P0 32
Il·lustració 8: Illa Diagonal 32
Il·lustració 10: Plànol P0 33
Il·lustració 11: Plànol P0 - Capa Accessibilitat 33
Il·lustració 12: Plànol P1 Original 33
Il·lustració 13: Plànol P1 34
Il·lustració 14: Plànol P1 - Accesibilitat 34
Il·lustració 15: Plànol P-Soterrani Original 34
Il·lustració 16: Plànol P-Soterrani 35
Il·lustració 17: Obtenció de la APIKEY GoogleMaps 37
Il·lustració 18: Casos d'ús 38
Il·lustració 19: Menú Principal APP Centre Comercial 39
Il·lustració 20: Vull anar a - Selector de destí 39
Il·lustració 21: Navegació sobre plànol 40
Il·lustració 22: GoogleOverlay 40
Il·lustració 23: Informació WiFiSLAM 41
Il·lustració 24: Informació Sensors 41
Il·lustració 25: El·lipsoide terrestre 43
Il·lustració 26: Menú Inicial 49
Il·lustració 27 : Menú Aplicació i missatges 51
Il·lustració 28: Seqüència d'un Spinner 55
Il·lustració 29: Visualització Google Maps 61
Il·lustració 30: Taula de Destins incorporats 62
Il·lustració 31: Punts de lectura Planta Soterrani 63
Il·lustració 32: Punts de lectura Planta 0 63
Il·lustració 33: Punts de lectura Planta 1 64
Il·lustració 34: Taula de Punts de lectura 64
Il·lustració 35: Versions 1 i 2 de Navegació sobre plànol 65
Il·lustració 36: Taula de dades recollides i calculades per lectura 66
Il·lustració 37: Grup i Localitzacions de l'Illa a WiFiSLAM 68
Il·lustració 38: WiFi presents en dues plantes superposades 68
Il·lustració 39: Arbre de directoris creat per l'eina 69
Il·lustració 40: L'efecte zoom 70
Il·lustració 41: Exemple d'error obtingut 71

Il·lustració 42: HeatMap de la Planta Soterrani 72
Il·lustració 43: Mitjanes, Errors i Desviacions Estàndard en Pixels 73
Il·lustració 44: Mitjanes, Errors i Desviacions Estàndard en metres 74
Il·lustració 45: Resum d'errors de mesura 74
Il·lustració 46: Intervals de confiança 75
Il·lustració 47: Posició real envers posició mesurada 76
Il·lustració 48: Resum de diferències 76

Agraïments

Un projecte abordat en moments en que la vida ja t'ha portat a tenir una família i unes responsabilitats professionals no és cosa exclusiva del seu autor. Gracies dons al meu marit i a la meva filla, en Pablo i la Carlota, pel seu recolzament i la seva paciència infinita quan tants i tants caps de setmana i tantes i tantes hores del meu temps han hagut de dedicar-se a altres activitats que estar amb ells.

Gracies també a tots els autors que al llarg del temps m'han fet estimar la cartografia, des de Verne i els seus viatges meravellosos fins a J.R.R. Tolkien i d'altres, que van cartografiar els seus mons inventats pels seus lectors.

Al llarg d'aquests mesos he pogut constatar que des del meu primer contacte amb el GPS durant el PFC de E.T. en Sistemes de Telecomunicacions a la UPC fins ara la tecnologia ha apropat el que aleshores era quasi ciència ficció al dia a dia dels ciutadans. Malgrat això encara em fa somriure i reflexionar el que en Eduardo Mendoza va escriure a *"Sin noticias de Gurb" al 1991:*

"15.00 Decido recorrer sistemáticamente la ciudad en lugar de permanecer en un sitio fijo. Con ello disminuyo las probabilidades de no encontrar a Gurb en un trillón, pese a lo cual, el resultado sigue siendo incierto. Camino siguiendo el plano heliográfico que he incorporado a mis circuitos internos al salir de la nave. Me caigo en una zanja abierta por la Compañía Catalana de gas.

15.02 Me caigo en una zanja abierta por la Compañía Hidroeléctrica de Cataluña.

15.03 Me caigo en una zanja abierta por la Compañía de Aguas de Barcelona.

15.04 Me caigo en una zanja abierta por la Compañía Telefónica Nacional.

15.05 Me caigo en una zanja abierta por la asociación de vecinos de la calle Córcega.

15.06 Decido prescindir del plano heliográfico ideal y caminar mirando dónde piso"

1 Introducció

1.1 Justificació del PFC i context en el qual es desenvolupa

El Projecte Fi de Carrera d'Enginyeria Informàtica és un treball de síntesis que es realitza com a tancament dels estudis universitaris i que pretén proporcionar l'oportunitat d'utilitzar els coneixements adquirits durant la carrera en el context d'un treball concret, normalment de caràcter pràctic i vinculat a l'exercici professional de la informàtica, però que també inclogui certa dosi de coneixement addicional.

Les competències generals que es volen fomentar són:

- Capacitat per plantejar un problema, definir els objectius de treball i analitzar els resultats.
- Capacitat per resoldre problemes.
- Capacitat per organitzar un treball segons les tasques demanades i el temps disponible.
- Capacitat de síntesi.
- Capacitat de presentar un treball públicament i respondre adequadament les preguntes del tribunal d'avaluació.

Dintre de l'àrea d'informació Geogràfica s'afegeixen altres objectius específics com són:

- Aprendre a treballar amb el sistema operatiu Android i a desenvolupar una aplicació per aquest sistema operatiu.
- Aplicar els coneixements adquirits en SIG al desenvolupament d'un projecte per mòbil.
- Saber gestionar dades geogràfiques en un mòbil, com pot ser la gestió de mapes i diferents tipus de sistemes de coordenades.

1.2 Objectius del projecte

Els objectius del projecte són:

- Aprendre a utilitzar un sistema de localització indoor sobre Android.
- Aprendre a analitzar l'error en la mesura de dades de posicionament d'un mòbil, comparant-lo amb el valor teòric.
- Desenvolupar una aplicació de demostració que permeti la visualització de la posició d'una persona mentre està en moviment a l'interior d'un edifici.

- Aquests objectius és materialitzen en la implementació i anàlisi d'una aplicació mòbil Android,

Com a fonament tecnològic per la localització Indoor s'utilitzarà un sistema que està en fase de proves i desenvolupament, creat per l'empresa WiFiSLAM (http://wifislam.com/).

Aquest sistema utilitza el receptor Wi-Fi i sensors com l'acceleròmetre i el giroscopi del dispositiu mòbil per dur a terme la localització. El projecte WiFiSLAM ofereix informació, codi i exemples per integrar el seu sistema en una aplicació Android de forma senzilla.

A partir de l'SDK ofert, es desenvoluparà una aplicació Android amb les següents funcionalitats:

- Ubicar l'usuari. S'haurà d'aconseguir que a través del dispositiu mòbil es mostri en temps real la posició de l'usuari sobre un mapa de l'edifici. L'aplicació haurà de diferenciar automàticament la planta a la qual es troba la persona i, dins la planta, l'habitació o sala on està.
- Oferir una llista de coses a veure segons la situació d'aquestes.
- Calcular la distància a la que s'està d'un punt determinat.
- Calcular l'error de la posició proporcionada. Caldrà estudiar el marge d'error del senyal rebut i fer el càlcul de la propagació d'errors per donar l'error en la posició.

Un cop desenvolupada l'aplicació, es faran proves amb el sistema de localització i s'analitzaran els resultats, per comprovar si aquest sistema seria útil per ser utilitzat en una aplicació destinada a un museu o a un centre comercial.

Per aconseguir aquest objectiu s'haurà d'escollir un edifici, com un centre comercial, que disposi de dues o més plantes i que sigui de fàcil accés. S'ha de tenir en compte, que s'haurà de disposar dels plànols de la localització escollida.

En resum, com a projecte que analitza un sistema de posicionament indoor, els objectius a assolir són:

- Instal·lació i utilització d'un sistema de localització indoor per Android.
- Desenvolupament d'una aplicació de demostració que sigui capaç de localitzar l'usuari a l'interior d'un edifici i identificar en quina planta i posició es troba mentre l'usuari es va movent. Possibilitat de fer càlculs de distàncies segons la posició de l'usuari.
- Anàlisi de l'error en la mesura de la posició per part del sistema de localització.

I els objectius específics de la recerca són:

- Aprendre a utilitzar un sistema de localització indoor sobre Android.
- Aprendre a analitzar l'error en la mesura de dades de posicionament d'un mòbil, comparant-lo amb el valor teòric.
- Desenvolupar una aplicació de demostració que permeti la visualització de la posició d'una persona mentre està en moviment a l'interior d'un edifici.

1.3 Breu descripció dels altres capítols de la memòria

Inicialment s'introduiran els conceptes bàsics dels sistemes GIS i la seva evolució al llarg del temps, per després centrar-se en la localització indoor, comentant les dificultats existents per realitzar un posicionament global indoor, i presentant el sistema WiFiSLAM i els seus fonaments teòrics, encara que sense entrar en un formalisme matemàtic detallat.

Desprès es farà un breu resum de les eines habituals pel desenvolupament d'aplicacions Android i es seleccionaran les que es faran servir per la construcció de l'aplicació. Les decisions venen marcades pel fet de que s'han d'integrar amb les eines proporcionades per WiFiSLAM i pels recursos que proporciona l'API WiFiSLAM pel desenvolupador d'aplicacions.

Amb els fonaments teòrics i les eines escollides es passarà a presentar les opcions analitzades com a zona de proves, el Pedralbes Centre i l'Illa Diagonal, i es detallarà el raonament seguit per decantar-se per l'Illa Diagonal com a ubicació seleccionada. Es presentaran els plànols obtinguts, la versió proporcionada a WiFiSLAM i les capes d'accessibilitat introduïdes.

Per entrar al detall del desenvolupament primer es presentaran els condicionants contemplats en el disseny tecnològic de l'aplicació i l'enfocament híbrid escollit per la construcció. Es justificaran les decisions en base a la necessitat de basar-se en l'API WiFiSLAM. Es farà una descripció somera dels casos d'ús, les pantalles definides i la navegació de l'aplicació.

A partir del disseny de l'aplicació s'aprofundirà en la construcció de la mateixa, analitzant la construcció i les parts més rellevants del codi. S'analitzaran els resultats experimentals obtinguts i es detallaran les anomalies trobades.

Finalment es recopilaran les conclusions extretes durant l'execució del projecte i es farà una avaluació de la viabilitat de WiFiSLAM com a base de la construcció d'aplicacions professionals per la localització Indoor.

2 Estat de l'art de les tecnologies actuals

2.1 Els sistemes SIG

Segons la definició de Deuker i Kjerner del 1989, un sistema d'informació geogràfica (SIG) es defineix com el sistema de maquinari, programari, dades, persones, organitzacions i convenis institucionals per a la recopilació, emmagatzematge, anàlisi i distribució d'informació dels territoris de la Terra.

Com a sistema d'informació el seu naixement es pot datar a finals de la dècada de 1960, amb l'adveniment dels sistemes d'informació actuals i la seva aplicació a la informació geogràfica. Durant milers d'anys la informació geogràfica, la posició sobre la superfície de la Terra d'informació indexada geogràficament, s'havia de tractar manualment implicant grans quantitats treball i càlculs que feien inviable l'explotació exhaustiva de les dades.

En la dècada del 1970's van néixer els primers sistemes per dibuixar, escalar i projectar mapes digitalment. Aquest sistemes també permetien emmagatzemar- mapes com a informació digital i modificar-los fàcilment. Van ser llançats els primers satèl·lits de teledetecció de la superfície terrestre i el 1978 es va posar en òrbita el primer satèl·lit GPS (global positioning system).

En la dècada dels 1980's la disminució dels preus dels ordinadors i el naixement de les bases de dades relacionals van donar lloc als sistemes gestors de bases de dades espacials, integrant els conceptes desenvolupats amb els mapes digitals de la dècada anterior, els models vectorials i en raster, amb la integració de dades diverses i la seva explotació posterior que permetien les bases de dades. La integració d'informació de fonts diverses va impulsar l'establiment d'estàndards pels mapes digitals i la informació afegida sobre els mateixos.

Als 1990's l' interès es va centrar en les possibilitats d'explotar quantitativament i qualitativa la informació gràcies a la informació emmagatzemada i a la capacitat de processament dels Sistemes d'Informació, donant lloc a aplicacions d'estadístiques espacials, com les utilitzades pels meteoròlegs, i d'anàlisi espacial . Els models matemàtics espacials es van evolucionar per donar cobertura als requeriments de càlcul necessaris per realitzar anàlisi complex de mapes.

La millora dels models matemàtics i la seva integració als SIG van permetre sotmetre la informació geogràfica no sols a les operacions matemàtiques habituals sinó també a les de relacions espacials entre elements amb la incorporació d'operadors i funcions espacials com la coincidència espacial, la juxtaposició d'informació geo-referenciada, els operadors de proximitat, contigüitat, connectivitat i inclusivitat, els càlculs de distancies efectives, rutes optimes, etc., convertint els SIG de sistemes de registre massiu de dades en sistemes de construcció de models i de suport a la presa de decisions.

Durant els darrers anys els SIG han passat de ser un feu d'especialistes a ser part integrant dels processos de decisió de les administracions i les empreses en tots aquells aspectes que

requereixen una anàlisi sobre el territori, i a integrar-se en la vida quotidiana dels ciutadans com un element quasi indispensable pels ciutadans dels països desenvolupats:

- La popularitat assolida pels sistemes globals de navegació per satèl·lit, els GNSS: el sistema GPS nord-americà, el GLONASS rus i el GALILEO europeu. Tots els GNSS es basen en la utilització d'una constel·lació de satèl·lits en òrbita al voltant de la Terra distribuïts de manera que en qualsevol moment un mínim de tres satèl·lits estan visibles des de qualsevol punt del globus junt amb una xarxa d'estacions fixes terrestres de control. Els satèl·lits emeten un senyal amb una marca temporal i de la seva posició de manera que un receptor pot triangular la posició sobre el globus a partir de la informació rebuda dels satèl·lits visibles mitjançant dispositius senzills i econòmics.

- El desenvolupament de les tecnologies de la informació, Internet, la Web 2.0 amb la creació d'aplicacions web interactives i col·laboratives, l'accés a les dades recopilades pels ens públics, instituts cartogràfics i l'existència de plataformes tipus Google Maps (amb una inversió en maquinari i cartografia important) Yahoo Maps o Virtual Earth han ha permès l'accés generalitzat i assequible a informació geogràfica que abans estava restringida als especialistes, empreses i administracions. Es pot dir que l'expansió a milions d'usuaris representa la majoria d'edat dels SIG i de la geo-tecnologia en general, tal com va passar amb l'electromagnetisme amb l'expansió de l'enlluernament i els motors elèctrics.

- El avanç en la visualització 2D, 3D i l'arribada de la visualització 4D (3D + temps) ha modificat la forma com es presenta la informació geogràfica, permetent un format de presentació que emmascara les complexitats tecnològiques inherents a la recollida, emmagatzematge i processament de la informació geogràfica.

- Els "mashup" o aplicacions webs hibrides que combinen informació diversa amb funcionalitat SIG han provocat l'aparició de múltiples aplicacions geogràfiques per Internet o dispositiu mòbil que no han de suportar el cost de cartografies ni llicències.

Si bé és indiscutible la importància dels SIG desenvolupats per Internet, també és cert que la seva rellevància seria limitada si l'accés a la Web sols pogués realitzar-se des d'estacions de sobretaula. L'expansió de les telecomunicacions sense fils i l'evolució dels dispositius mòbils fins a esdevenir petits ordinadors han facilitat el naixement dels serveis basats en la localització (LBS). Aquest serveis han tingut un creixement de mercat aclaparador en els darrers anys paral·lel al dels dispositius mòbils intel·ligents. Les aplicacions que ofereixen informació basada en la localització dels usuaris han marcat tendència en la segona meitat dels 2000's i fins als nostres dies.

2.2 La localització indoor

Parafrasejant una famosa sèrie de televisió podríem dir que la localització indoor és "l'última frontera" dels SIG. Amb els GNSS i els sistemes d'augmentació terrestres disponibles arreu de món, la localització outdoors està plenament integrada en la nostra societat i el comú dels ciutadans ho percep com una eina més.

Un sistema de posicionament Indoor (IPS) és un sistema per localitzar objectes i persones dins d'edificis. Aquests sistemes es basen o bé en el desplegament d'infraestructura específica que serveixi com a base pel posicionament o bé en l'aprofitament de infraestructura preexistent desplegada amb altres objectius.

La localització indoor presenta diversos problemes logístics, legals i tecnològics:

- No existeix un recull sistemàtic dels plànols de totes les edificacions de la Terra i no és possible dur a terme una tasca de recollida sistemàtica autònoma com la que es realitza a partir dels sistemes de teledetecció (satèl·lits i avions) per la superfície terrestre.

  Encara que fos possible tecnològicament, des d'un punt de vista de la privacitat i la seguretat de les persones la possibilitat de fer pública la informació dels edificis de vivendes particulars presenta problemes. Fora dels organismes públics de control i de l'àmbit cadastral sembla una opció discutible des del punt de vista legal. Així dons podríem reduir l'àmbit del posicionament indoor a espais i edificis públics i entitats privades que vulguin proporcionar aquesta informació.

- Els sistemes de posicionament espacials i els sistemes d'augmentació espacials, els GNSS i els SBAS, no es poden utilitzar quan ens trobem en un entorn on no és possible captar el senyal que emeten pels satèl·lits. Això limita el seu ús en interiors, en el subsòl i en zones on la orografia natural o les construccions limiten la recepció de senyal.

  S'estan fent estudis per intentar augmentar la sensibilitat dels receptors GNSS i poder captar-los dins dels edificis ([1]), però encara que s'aconseguís la recepció dels senyals, aquests no es captarien per una línia directa de visió que permetés la triangulació.

- La transmissió dels senyals electromagnètics dintre d'ambients tancats no segueixen els principis de propagació que permeten la triangulació clàssica. En la majoria dels casos els senyals no són rebuts seguint una línia de visió directa, sinó que experimenten fenòmens de reflexió, difracció i dispersió. La geometria del recinte, els obstacles existents, els materials de construcció i d'altres factors influeixen en la propagació impossibilitant una aproximació simplista i provocant un deteriorament server de l'exactitud del posicionament si no són considerats.

[1] GNSS Indoors : Fighting The Fading

Com a sistemes de posicionament teòricament utilitzable basats en infraestructura preexistent i que poden ser utilitzats des de dispositius preexistents tenim:

- Dels sistemes de posicionament terrestres, els sistemes de posicionament per la navegació tenen limitacions d'us o precisions que els fan inadequats pel posicionament indoor.

- Els sistemes de posicionament terrestres basats xarxes de telecomunicacions, com les xarxes de telefonia mòbil, WLAN, BlueTooth, RFID (radio frequency identification), són utilitzables en les zones on són presents, encara que continuen sense ser vàlids en ubicacions subterrànies inaccessibles per les xarxes de comunicacions.

- Els sistemes inercials, basats en l' integració d'informació d'un conjunt de sensors per tal de calcular la posició durant el moviment d'un objecte. Teòricament permeten el posicionament en qualsevol lloc sempre que es parteixi d'un punt conegut, però sense un sistema de correcció periòdica la seva fiabilitat es baixa.

- Els sistemes híbrids que barregen els altres tipus per a oferir un posicionament més complert. Un sistema híbrid podria integrar la informació del senyal dels GNSS amb informació de xarxes de telecomunicacions i utilitzar sistemes inercials quan les altres fonts no estiguessin disponibles, però aprofitant les disponibilitats puntuals com mecanismes de correcció.

Existeix l'opció de crear infraestructura específica pel posicionament indoor. Es possible instal·lar una xarxa de balises terrestres sincronitzades que emetin amb prou potència per penetrar els murs dels edificis com proposa la companyia australiana Locata[2] amb el que anomenen GPS 2.0. Es poden instal·lar dispositius edifici a edifici com fa el sistema de Navizon[3] o utilitzar balises Blue Tooth Nokia per permetre als smartphones triangular la seva posició. ByteLight[4] proposa balises LED que emeten llum amb un parpelleig imperceptible que permet als telèfons captar el patró de fluctuació mitjançant la seva càmera i calcular la posició.

La instal·lació de infraestructura específica pel posicionament indoor suposa un cost econòmic i un cost d'oportunitat que poden representar una limitació important per l'adopció de la tecnologia. Aquest obstacle s'incrementa si també és necessari disposar de receptors específics no integrats als dispositius actuals, com és el cas de Locata.

La tendència més estesa es el posicionament basat en l'explotació de la informació proporcionada per les xarxes WLAN existents junt amb l'explotació dels punts d'accés WiFi, ja que els dispositius mòbils ja disposen dels sensors necessaris per captar els senyals i estan molt esteses a les zones on els vianants poden perdre's: aeroports, centres comercials, museus i espais públics en general. El problema a resoldre és que aquests senyals no contenen

[2] http://www.locatacorp.com/
[3] http://www.navizon.com/
[4] http://www.bytelight.com/

informació de posició i cal dur a terme tasques de cal·libració per tal de prendre signatures digitats de les lectures de potencia dels senyals presents en punts distribuïts per l'espai on es vol dur a terme el posicionament. El programari instal·lat als dispositius mòbils necessita consultar la posició via Internet als servidors on està emmagatzemat el model del distribució de senyal. Aquesta aproximació és utilitzada per Skyhook, Wifarer i el propi WiFiSLAM.

Altres proveïdors utilitzen fonts alternatives d'informació per la posició, com IndoorAltlas, que basa el seu sistema en l'anàlisi de les variacions de camp magnètic de l'interior dels edificis captades pels sensors dels dispositius mòbils. Requereix de la cal·libració de les zones on es vol proporcionar posicionament. Segons la informació publicada a la seva Web poden assolir precisions de 2 m.

També es treballa en la creació de xips capaços d'integrar informació diversa dels dispositius mòbils per obtenir la millor opció de posicionament en cada entorn amb un estalvi d'energia que permeti reduir el consum derivat de la captació i manipulació dels senyals. Un exemple es CSR i el seu xip SiRFstarV.

Actualment les possibilitats comercials de la localització Indoor i de la localització sense interrupcions indoor-outdoor ha fet que les grans empreses comercials de telefonia mòbil estiguin treballant en solucions pròpies.

Companyies com Apple, Blackberry, Windows estan duent a terme tasques de recollida d'informació d'indrets públics per les seves solucions de navegació indoor. Google opta pel desenvolupament d'una solució pròpia que es converteix en estàndard de mercat, com ja ha quasi succeït amb Google Maps, però permetent que particulars proporcionin informació de plànols i duguin a terme la cal·libració de les WiFi, encara que les polítiques comercials de la companyia aixequen força recels per l'ús potencialment perniciós de la informació proporcionada.

En un intent d'evitar aquest dispersió d'esforços ha nascut la "In-Location Alliance", fundada el 23/08/2012 per 22 companyies de diverses industries. El seu objectiu és encapçalar el procés de innovació desenvolupant sistemes de posicionament indoor acurats basats en WiFi i Bluetooth 4.0 que requereixin baixos nivells de consum energètic, siguin senzills d'implementar, segueixin estàndards comuns i proporcionin interfases obertes per als desenvolupadors d'APPs, per fomentar una adopció ràpida per part del mercat i els usuaris.

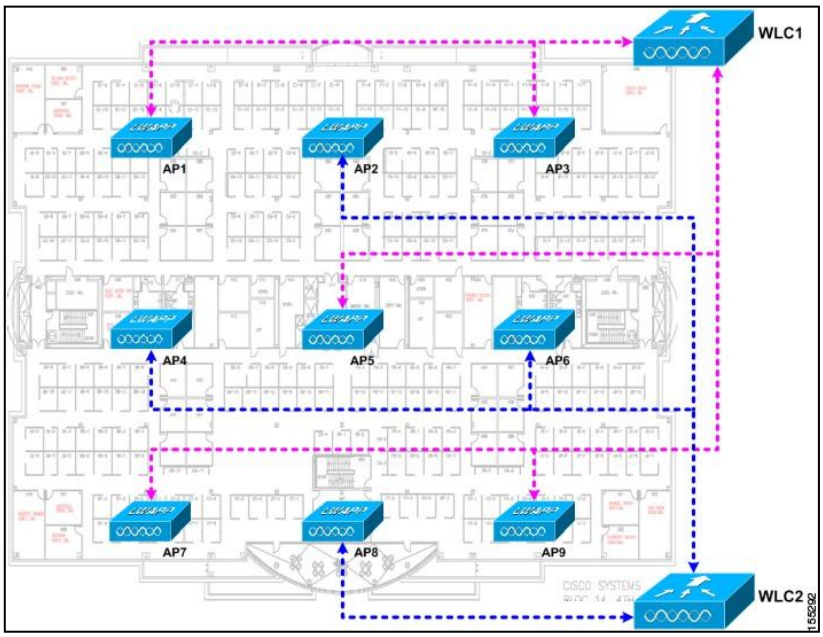
Els membres fundadors són Broadcom, CSR, Dialog Semiconductor, Eptisa, Geomobile, EntreGenasys, **Indra**, Insiteo, Nokia, Nomadic Solutions, Nordic Semiconductor, Nordic Technology Group, NowOn, Primax Electronics, Qualcomm, RapidBlue Solutions, Samsung Electronics, Seolane Innovation, Sony Mobile Communications, TamperSeal AB, Team Action Zone and Visioglobe.

2.3 El sistema WiFiSLAM

WiFi SLAM es l'acrònim per WiFi Simultaneous Localization And Maping. WiFiSLAM és el nom adoptat per una companyia nord-americana, fundada com a spin-off de la universitat de Standford, dedicada al desenvolupament de tecnologies de localització indoor basades en la tècnica del WiFi SLAM. El Web de la companyia te adreça http://www.wifislam.com/ .

Tecnològicament WifiSLAM capta i explota els senyals de WiFi presents a l'entorn combinant-los amb les dades dels sensors del dispositiu mòbil: giroscopis, acceleròmetre. Segons els requeriments de WiFiSLAM necessiten utilitzar la localització per xarxa mòbil, l'accés al WiFi, l'accés a Internet i l'accés a l'estat del telèfon (veure detall complert a l'apartat 3.2) per operar, sembla que aquestes dades podrien complementar-se amb la informació proporcionada per la xarxa de telefonia i el senyal de GPS quan està disponible.

Cada xarxa Wi-Fi acostuma a disposar de diversos Access Points (AP) per donar una cobertura WiFi adequada. Cada AP està unívocament identificat mitjançant la MAC del dispositiu físic. Aquesta adreça MAC està incorporada a les dades del protocol de comunicació 802.11 i pot ser extreta del senyal , possibilitant el inventari de tots els AP disponibles en cada punt.



Il·lustració 1 : WiFi Access Points

La potència dels diferents AP presents es combina per generar una signatura de senyal específica per cada punt. Donat un punt de l'espai, cada AP present proporciona una potència del senyal, que és funció del tipus d'antena del dispositiu, la potència d'emissió, la distància entre el dispositiu mòbil i l'AP, la presència d'obstacles i els materials constructius utilitzats.

Aquesta potència representada en un sistema de coordenades tridimensional es coneix com el diagrama de radiació del dispositiu.

Hi ha hagut aproximacions al problema de la localització basats en el tractament del diagrama de radiació teòric de les antenes en entorns oberts, però en entorns tancats hi ha un gran nombre de factors a tenir en compte a l'hora estimar la propagació del senyal i explotar-lo per generar models que permetin estimar la posició. Aquesta dificultat ha portat al desenvolupament de sistemes basats en la mesura i cal·libració del senyal captat.

Per poder posicionar en un espai interior, WiFiSLAM requereix com a primer pas que es proporcionin plànols de la zona a estudiar, que són incorporats a les seves Bases de Dades.

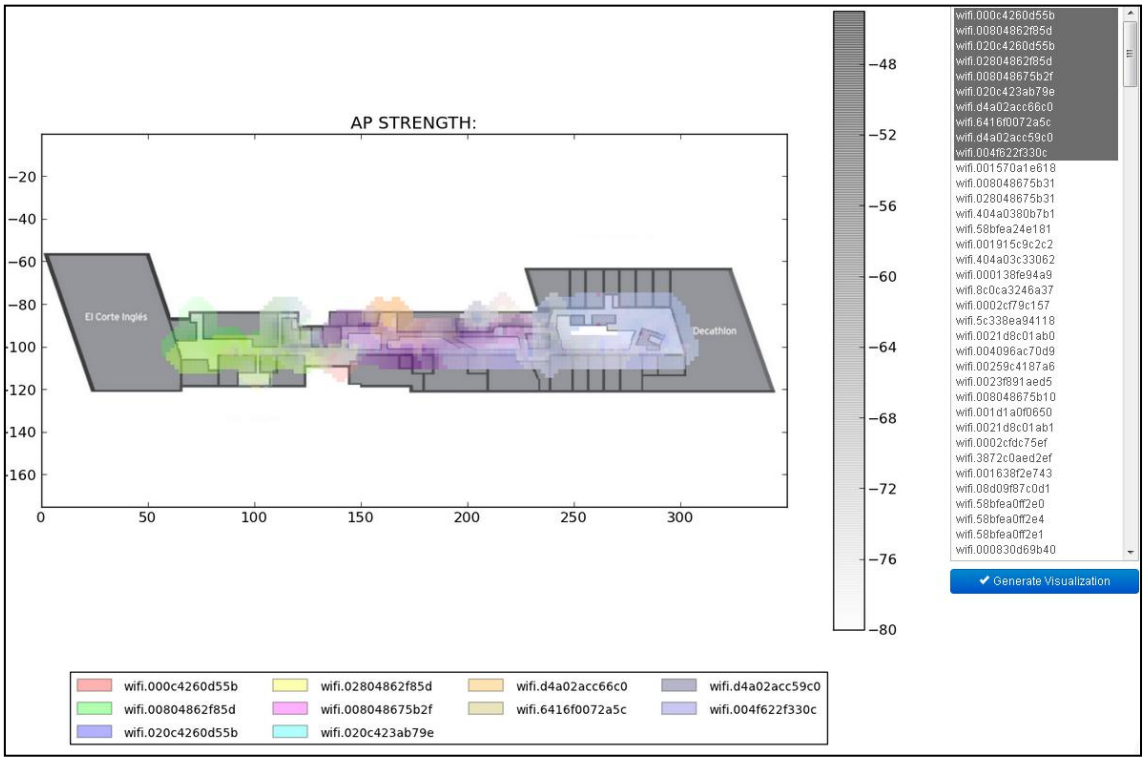
Per obtenir la signatura de senyals específica de cada punt WiFiSLAM proporciona una aplicació per mòbil anomenada "Demo/Calibration". La cal·libració es duu a terme identificant punts sobre plànol segons el principi del "click-to-map" per marcar ubicacions reals i realitzant desplaçaments entre els punts en trajectes rectes a velocitat constant mentre es continuen prenent dades. Per cada punt marcat es recull la signatura de senyal del punt i pel recorregut entre punts es prenem mostres i es vinculen als punts del camí recorregut estimant la velocitat i la direcció de desplaçament mitjançant els sensors inercials del dispositiu.

Toltes les dades recollides durant la cal·libració s'envien a WiFiSLAM que les processa amb els seus algorismes de posicionament. Encara que WiFi-SLAM no proporciona informació sobre la construcció del model, analitzant la informació que recull l'APP de Cal·libració i revisant els documents publicats sobre d'aproximacions similars (veure apartat 10.3) es pot concloure que és tracta d'una variació d'un Gaussian Process Latent Variable Models (GP-LVM). La informació s'emmagatzema i s'utilitza per construir models de distribució de senyal en dos dimensions que poden ser interpretats com a coordenades XY sobre el plànol. Aquests procés es basa en les següents condicions de contorn:

- Localitzacions properes han de tenir signatures de senyal semblants.
- Dues localitzacions consecutives han d'estar a prop l'una de l'altre, ja que s'està seguint a una persona caminant dins d'un edifici.
- Signatures de senyal semblants indiquen proximitat. Aquesta aproximació és raonable en entorns on hi ha múltiples A.P. visibles en tot moment.

Aquesta aproximació permet que la potència de càlcul necessària per la generació dels models estigui concentrada a la companyia proveïdora i que la creació del model es pugui fer en off-line. Els dispositius mòbils sols han de recollir i trametre la informació sense refinar (raw data).

Part d'aquesta informació recollida i integrada és pot consultar al Web de la companyia, com els diagrames de intensitat de senyal dels AP, els recorreguts realitzats durant el "mapping", etc. És possible administrar les dades que es consideren de cara a la generació del model descartant cal·libracions si s'escau.



Il·lustració 2 : Exemple de diagrama de AP-Strengh

Una vegada calibrat un espai, les aplicacions que exploten les dades connecten amb WiFiSLAM i identifiquen la ubicació per on es navegarà i inicien l'enviament d'informació de la signatura de senyal existent. Donada la signatura de senyal els models calculats retornen una possible localització junt amb el càlcul de la incertesa de la mesura basada en la precisió estimada dels sensors i en el grau d'incertesa del model desenvolupat. En aquest flux enviament – feedback és bàsic el temps de resposta del sistema WiFiSLAM, que es d'uns 10-15 segons fins que s'estabilitza la posició i que s'actualitza en temps quasi real quan el dispositiu mòbil és desplaça.

En aquest cas sí que es crític el rendiment del sistemes de WiFiSLAM, ja que la percepció humana no s'adapta bé a decalatges superiors al segon en aplicacions de temps real. Encara que s'utilitzin les premisses establertes de continuïtat de moviment i de velocitat estimada de desplaçament cal que els sistemes s'escalin segons la demanda de servei de forma ràpida.

Actualment la companyia està ampliat les eines que posen a disposició dels desenvolupadors amb una solució a la navegació basada en els sensors inercials del telèfon (giroscopi, acceleròmetre i magnetòmetre) partint d'un punt inicial conegut. La informació dels sensors inercials s'incorpora a les dades disponibles al WEB dintre de l'apartat "Pedometri" i permet analitzar com utilitza WiFiSLAM les dades de l'acceleròmetre per estimar la velocitat de desplaçament durant la localització a través de la detecció de les petjades i la direcció de desplaçament.

WiFiSLAM no és la única companyia que està treballant en basats en la mesura de la potència de senyal de les WiFi, però té una bona estratègia de penetració de mercat. Ofereixen una solució senzilla per les tasques de calibració i mappeig, el "Demo/Calibration APP" i frameworks de desenvolupament per creadors d'aplicacions per mòbil que poden ser utilitzades per crear solucions específiques orientades a usuaris finals. Un nombre creixent d'usuaris garanteix més ubicacions calibrades i potencialment més penetració de la solució proporcionada.

3 Programari pel disseny i desenvolupament de l'aplicació

3.1 Eines de desenvolupament per Android

Android és un sistema operatiu open source basat en Linux con una interfície de programació Java promogut per la "Open Hadset Alliance" dissenyat per ser utilitzat en dispositius amb pantalles tàctils, bàsicament telèfons de darrera generació i tablets. Com a open source permet que es realitzin adaptacions del seu codi i que es complementi la seva funcionalitat amb aplicacions específiques. La seva polivalència a portat a que sigui utilitzant també en altres dispositius com videoconsoles i televisions. Les versions més utilitzades de Android són Froyo (versió 2.2 del XII-2010), Gingerbread (versió 2.3 del 2010-2011) i Ice Cream Sandwich (versió 4.0 del XII-2011).

Segons la consultora Gartner[5], actualment Android té aproximadament el 72% de la quota de mercat per smartphones i els seus competidors principals són iOS (Apple Inc.), Blackberry OS (RIM), Bada, S40 i Symbian (Nokia) i possiblement en el futur Windows Phone (Microsoft).

Worldwide Mobile Device Sales to End Users by Operating System in 3Q12 (Thousands of Units)

Operating System	3Q12 Units	3Q12 Market Share (%)	3Q11 Units	3Q11 Market Share (%)
Android	122,480.0	72.4	60,490.4	52.5
iOS	23,550.3	13.9	17,295.3	15.0
Research In Motion	8,946.8	5.3	12,701.1	11.0
Bada	5,054.7	3.0	2,478.5	2.2
Symbian	4,404.9	2.6	19,500.1	16.9
Microsoft	4,058.2	2.4	1,701.9	1.5
Others	683.7	0.4	1,018.1	0.9
Total	**169,178.6**	**100.0**	**115,185.4**	**100.0**

Source: Gartner (November 2012)

Il·lustració 3: Distribució OS en Smartphones

Encara que potencialment és possible desenvolupar aplicacions per Android en diferents llenguatges de programació, l'opció més popular és una versió adaptada de Java, no compatible amb Java Standard Edition o Java Micro Edition, que utilitza el Android Software Development Kit (Android SDK).

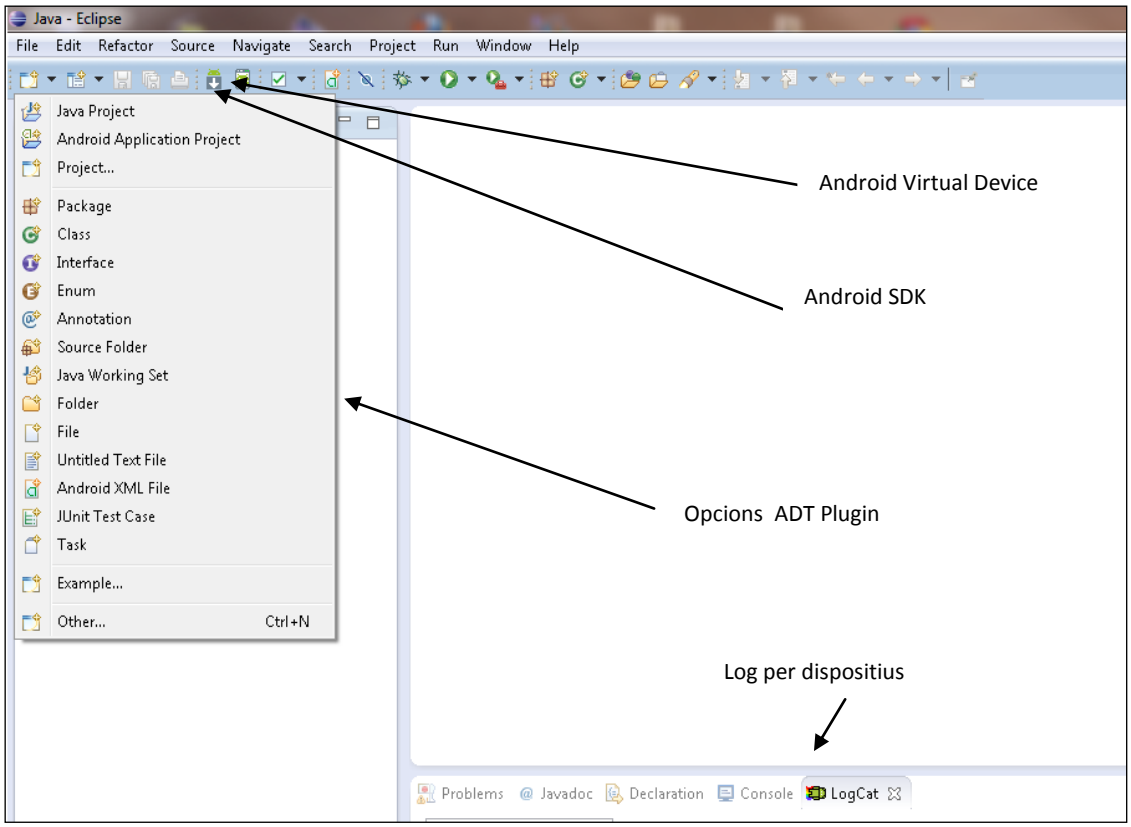
El Android SDK inclou les llibreries d'APIS i les eines necessàries per construir, depurar i provar aplicacions Android. Proporciona un compilador, un debugger, un emulador de dispositius, una màquina virtual per executar-les i material formatiu i exemples per l'aprenentatge.

[5] Gartner http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=2237315

Les aplicacions resultants s'empaqueten com a fitxers .apk i es despleguen a la carpeta ("folder") /data/app del sistema operatiu Android. Aquesta carpeta sols és accessible al usuari root del sistema. Cada paquet APK conté fitxers .dex (executables Dalvik) i d'altres fitxers amb recursos necessaris per l'aplicació. Dalvik és el nom de màquina virtual d'Android, optimitzada per les restriccions de memòria i processador dels smartphones.

Android permet processament en background, disposa d'una llibreria de funcions àmplia i permet crear gràfics en 2 i 3 dimensions, accedir al sistema de fitxers, integrar components prèviament desenvolupats per tercers i porta integrada una base de dades SQLIte.

El IDE (Integrated Development Environment) oficialment suportat per Android és Eclipse, utilitzant el Android Development Tools (ADT) Plugin. Es possible desenvolupar sobre IntellJ, NetBeans i d'altres IDE o bé utilitzar qualsevol editor estàndard per Java i XML i les eines de línea de comandes que proporcionen JDK, ANT i Android per crear l'aplicació, encara que aquesta darrera opció no és recomanable.



Il·lustració 4: Aspecte d'Eclipse amb SDK Android

Per la realització del projecte s'ha instal·lat:

- **Eclipse versió Juno** (juny del 2012). Prèviament s'havia instal·lat al PC una versió d'Eclipse Galileo ajustada per desenvolupament amb Java Enterprise Edition i amb els diferents

plugins per accedir a BBDD. En existir incompatibilitats entre J2EE i Android SDK s'ha optat per reinstal·lació total.

- **ADT Plugin**. Android Developer Tools per Eclipse. S'integra al IDE d'Eclipse enriquint-lo amb opcions específiques pel desenvolupament d'APPs.

- **Android SDK Manager**. Amb aquesta eina s'instal·len les diferents versions de la plataforma Android. En aquest cas s'han descarregat des de la versió Android 2.2 (API 8) fins a la versió Android 4.1.2 (API 16) i els extres associats relacionats amb Google Maps.

- **Android Virtual Device Manager** (AVD). Es tracta d'una eina per crear dispositius mòbils virtuals que permeten depurar i executar les aplicacions desenvolupades des de Eclipse. Eclipse permet depurar i desplegar aplicacions tant sobre dispositius connectats al PC com sobre dispositius virtuals AVD. He creat un dispositiu mòbil virtual amb característiques semblants al dispositiu mòbil físic fet servir en la cal·libració.

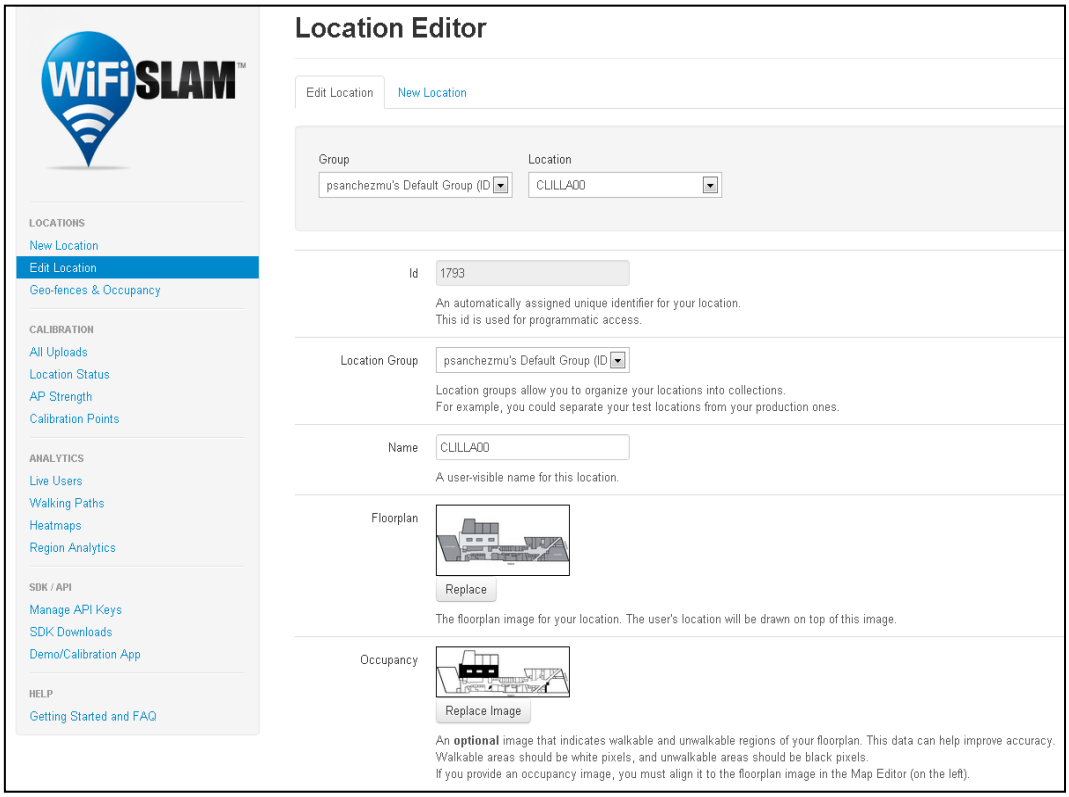
3.2 Funcionalitats API WiFiSLAM

WiFiSLAM proporciona als desenvolupadors diverses eines:

- La pàgina web www.wifislam.com, on es poden definir ubicacions i grups d'ubicacions, afegir plànols i plànols d'accessibilitat, associar-los amb coordinades GPS i definir regions dintre del plànol. Els grups d'ubicacions permeten definir un edifici amb diverses plantes, on cada planta és una ubicació i l'edifici complert es modela com una agrupació.

  Una vegada realitzades les tasques de cal·libració el web permet accedir a la llista de execucions realitzades, MAP o DEMO, i administrar-les de forma global o per localització. Permet consultar els diagrames d'intensitat de senyal dels AP, els punts de cal·libració definits i la pediometria amb informació dels sensors inercials del dispositiu mòbil.

  WiFiSLAM proporciona també informació analítica per facilitat la comprensió del funcionament de l'eina i com utilitzar-la per cobrir les necessitats finals específiques de cada projecte. Per exemple es poden veure els mapes de temperatura amb les zones més concorregudes, els usuaris presents, els camins més utilitzats i informació sobre les regions si s'han definit.



Il·lustració 5 : Visió general pàgina WiFiSLAM

- El APP QuickMap que permet afegir plànols fotografiant-los i realitzar les tasques de "mapping" posteriors. Elimina la necessitat de càrrega prèvia dels plànols via la pàgina web i proporciona la funcionalitat de detecció automàtica d'ubicació per es ubicacions disponibles en la BBDD de WiFiSLAM.

- WiFiSLAM Positioning SDK, que conté:
    - El APP "Demo/Calibration" que permet realitzar les tasques de "mapping" de ubicacions de l'usuari mitjançant un smartphone. L'usuari ha de seleccionar explícitament l' ubicació que desitja cal·librar. Per grups d'ubicacions cal cal·librar planta a planta independentment, encara que posteriorment WiFiSLAM detecta automàticament els canvis de planta.

    - Una API (com.wifislam.indoorlocation) amb les classes necessàries per integrar les funcionalitats de WiFiSLAM en un app i una aplicació d'exemple amb opcions per analitzar diverses de les funcionalitats de WiFiSLAM. Els exemples continguts al SDK es poden adaptar per fer-los servir com a embrió d'una aplicació pròpia.

Les interfícies disponibles a l'API són:

INTERFÍCIES	
IndoorLocationListener	Listener utilitzat per rebre notificacions del LocationManager quan canvia la localització
IndoorLocationManager.IndoorOtherUserLocationListener	Interfície utilitzada per rebre informació de la localització d'altres usuaris que estan a la mateixa localització quan s'utilitza l'opció enableWebLocation == true.
IndoorLocationManager.LoginListener	Listener per obtenir informació de l'estat de l'autenticació (login) amb WiFiSLAM
RegionEventListener, *RegionMoreInfoListener*	Listener utilitzats per rebre events de les regions . Està en desenvolupament un listener per obtenir més informació de regions, el RegionMoreInfoListener
StartupProgressListener	Interface utilitzada per rebre informació sobre el procés d'inici de la connexió amb WiFiSLAM. Fins que la connexió no ha esta establerta no és possible la localització.

Les classes disponibles a l'API són:

CLASSES	
IndoorLocation	La classe proporciona la informació d'una localització indoor en un moment determinat del temps. Es un snapshot. Proporciona informació de exactitud (accuracy) en metres i en píxels sobre plànol, coordinades XY sobre el plànol proporcionat, coordinades XY relatives i escalades segons plànol visual, longitud i latitud com punt geogràfic i en graus, descripció de la localització, Id assignat, confiança de que ens trobem al terra i d'altres. També permet fixar part d'aquests paràmetres si és necessari.
IndoorLocationManager	Similar al "LocationManager" Android, però per ubicacions interiors. Permet conèixer l'estat de la connexió amb WiFiSLAM, enviar informació i rebre actualització de la localització estimada segons els paràmetres de temps que es defineixi, rebre informació visual de la localització sobre plànol o sobre plànol superposat a una mapa de googlemaps.
IndoorLocationManager.ConfigDefaults	Defineix els valors per defecte dels paràmetres: DEFAULT_SCAN_RATE (-1L) LOCATION_UPDATE_INTERVAL (1000L) NO_STATIC_DATABASE (-1L) SCAN_AS_FAST_AS_POSSIBLE

CLASSES	
IndoorLocationManager.Configuration	Especificació de les opcions de configuració fetes servir per un servei IndoorLocation
IndoorLocationManager.LocationChoice	Especifica el Id de la localització o del grup de localitzacions que es vol fer servir.
IndoorLocationUrls	Genera URLs que permeten enllaçar directament amb diverses pàgines de la web de WiFiSLAM.
IndoorLocationView	Vista que dibuixa el plànol de la ubicació de l'usuari. És gestionada íntegrament per WiFiSlam
IndoorRegionManager	Permet la interacció amb les regions definides.
Region	Classe que representa una "Region"
RegionEventAdapter	Helper class so you don't have to implement handling for all events.

Les constats més rellevants estan tabulades:

Enumeració Constants utilitzades	
IndoorLocationManager.IndoorLocationStatus	Estats possibles de la connexió: LOADING, LOGGING_IN, STARTED, STOPPED. La localització és operativa quan l'estat és STARTED
IndoorLocationManager.LocationChoice.LocationType	LOCATION_GROUP_ID indica que l'Id proporcionat en crear el indoorLocationManager és un grup i que s'ha de treballar amb les ubicacions sota aquest grup. SINGLE_LOCATION_ID indica que el id correspon a una ubicació individual. No es gestiona canvi de planta.
IndoorLocationManager.LogLevel	Indica el nivell de registre d'activitat que es vol. Es pot informar a DEBUG, DISABLE_LOGGIN, ERROR, INFO, TRACE, WARN
StartupProgressListener.Stage	Indica en quin moment del procés d'arrencada es troba la connexió: DOWNLOAD dades o PREPARE determinant quines dades s'han d'actualitzar.

L'API requereix per ser operativa:
- Compatibilitat amb Android 2.2, API 8.
- Google APIs per Android 2.2.
- Una APIKEY WiFiSLAM, per autenticar la connexió i donar accés als recursos de WiFiSLAM
- Una APIKEY Google si es volen utilitzar les funcionalitats de Google Maps.

En les APP, tenir actius els següents permisos al manifest Android:
- **ACCESS_COARSE_LOCATION**:Permet obtenir una localització aproximada del smartphone a partir de la informació de la xarxa de telefonia i les xarxes WiFi.
- **ACCESS_NETWORK_STATE** : Permet obtenir informació sobre les xarxes de telefonia presents.
- **ACCESS_WIFI_STATE**: Permet obtenir informació sobre les xarxes WiFi presents.
- **CHANGE_NETWORK_STATE**: Permet canviar l'estat de la connectivitat amb les xarxes presents.
- **CHANGE_WIFI_STATE**: Permet canviar l'estat de la connectivitat amb les xarxes WiFi.
- **INTERNET**: Permet obrir sockets per utilitzar Internet.
- **READ_PHONE_STATE**: Permet accés en lectura a l'estat del telèfon.
- **WRITE_EXTERNAL_STORAGE**: Permet a l'app escriure en un dispositiu extern d'emmagatzematge.

El funcionament bàsic d'una APP que es connecti a WiFiSLAM per utilitzar el servei de localització i mostrar la localització en temps real és:utilitzi l'API és:
- S'inicia i connecta el localitzador construint un IndoorLocationManager.
- Quan el servei es connecta ho notifica mitjançant un onServiceConnected.
- S'autentica la connexió mitjançant l'APIKEY WiFiSLAM obtinguda.
- Es selecciona la ubicació individual o el grup de localitzacions amb les que es treballarà.
- Es demana el inici de la recepció d'actualitzacions de la posició.
- Es gestiona la forma de visualització de la informació, ja sigui textual o mitjançant una indoorLocationView, que proporciona la informació visual de la posició sobre plànol per ser mostrada per pantalla.
- Es poden fer servir tants altres elements per enriquir la informació com es vulgui.

3.3 Requeriments de programari i maquinari pel desenvolupament

Es requereix un punt de treball estàndard de la UOC. En aquest cas pel desenvolupament es farà servir un ASUS Notebook N61Jq, con processador Intel® Core(TM) i7, 4 GB de RAM i sistema operatiu Windows 7 Home Premium.

El punt de treball ha de tenir instal·lat i configurat si cal el següent programari:

- **Eclipse IDE versió Juno** (juny del 2012)

- **ADT Plugin**. Android Developer Tools per Eclipse
- **Android SDK Manager**. Des de Versió Android 2.2 (API 8) fins a la versió Android 4.1.2 (API 16) i els extres associats relacionats amb Google Maps.
- **Android Virtual Device Manager** (AVD).
- **WiFiSLAM API & SDK**

- Dispositiu mòbil amb S.O. Android. En el meu cas disposo de dos dispositius:

  - Huawei Ascend G 300 NFC. Dispositiu emprat pel desenvolupament i proves. La versió de Android és la 4.0.3 (API 15). Ha de tenir instal·lat l'APP **"Demo&Calibration"** de WiFiSLAM.
  - Galaxy GT-I9001. Firmware 2.3.5. Dispositiu de contingència.

4 Selecció de la localització de les proves

4.1 Descripció de la ubicació i justificació

Els requeriments inicials indicaven que s'havia d'escollir un edifici que disposés de dos o més plantes, del que es poguessin aconseguir els plànols i que fos de fàcil accés per l'estudiant. Es feia el suggeriment d'un centre comercial.

Donat que resideixo i treballo a Barcelona , dos ubicacions amb una bona accessibilitat eren els centres comercials la Illa Diagonal (Avinguda Diagonal 557, Barcelona) i el Pedralbes Center (Av. Diagonal 609-615):

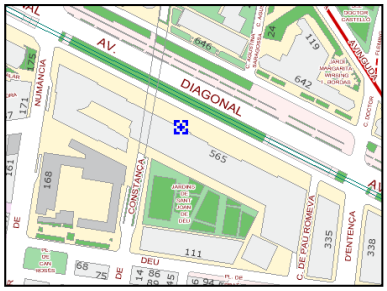
Il·lustració 6: Vista exterior Illa Diagonal

Il·lustració 7: Vista exterior Pedralbes Centre

En tots dos casos es tracta de centres comercials amb una distribució en diverses plantes, amb plànols aproximats disponibles a les webs i que estan oberts al públic durant onze hores diàries aproximadament. En una primera inspecció totes dues ubicacions disposen de un nombre elevat de xarxes WiFi presents, pel que aquest tampoc no és tampoc un factor diferencial.

La diferència més rellevant entre les dues ubicacions és la superfície dels espais. La superfície de la Illa Diagonal és de 35.000 m2 comercials en tres plantes de forma rectangular de 334 x 36 m, mentre que el Pedralbes Center té una superfície de 5.800 m2 en quatre plantes, tres de les quals de forma quadrada amb un espai central per les escales mecàniques.

Prèviament a les proves no es podia contrastar quin era l'error en el posicionament que s'havia de considerar per WifiSlam, però fent una extrapolació d'altres sistemes Indoor semblava raonable comptar amb errors de l'ordre de 10-20 metres. Tenint en compte aquesta suposició la ubicació més adient era la Illa Diagonal, ja que encara que s'obtinguessin errors d'aquesta magnitud, seria possible de terminar l'àrea general on s'està ubicat l'usuari. Amb la mida de les plantes del Pedralbes Center podria tenir-se un error del mateix ordre de magnitud de la diagonal de la planta.



Il·lustració 8: Illa Diagonal

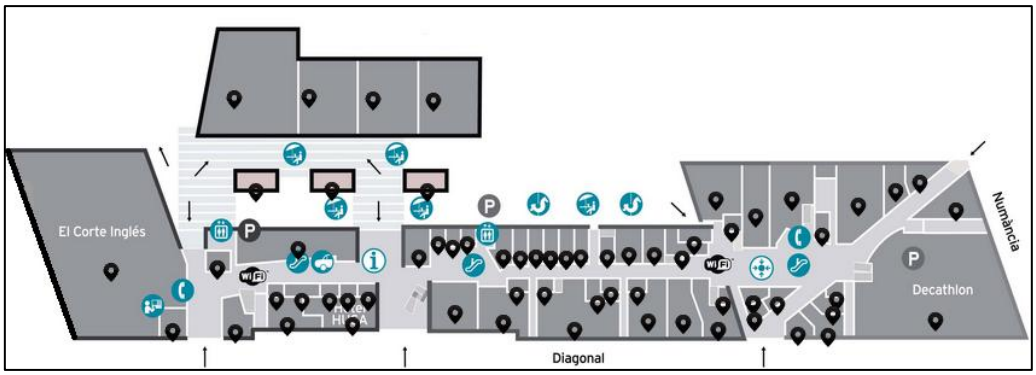
Així dons la ubicació seleccionada va ser:

- Nom: L'illa Diagonal, Web : http://www.lilla.com
- Adreça : Avinguda Diagonal 557, 08029 Barcelona
- Coordenades GPS de l'adreça (punt blau):
    - Latitud: 41.39021337
    - Longitud: 2.1357438

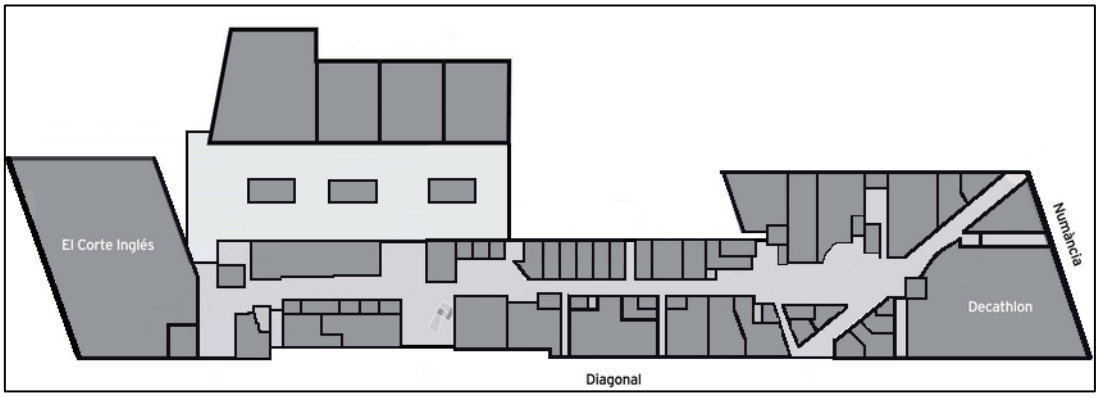
4.2 Plànols de la ubicació i capes d'accessibilitat

S'ha optat per fer servir els plànols comercials publicats pel Centre Comercial a la seva pàgina Web, després d'intentar aconseguir plànols més acurats sense èxit d'organismes oficials. A partir dels plànols descarregats del Web es va fer una neteja d'elements gràfics per tal de generar els plànols de les tres plantes (P0, P1, P-Soterrani).

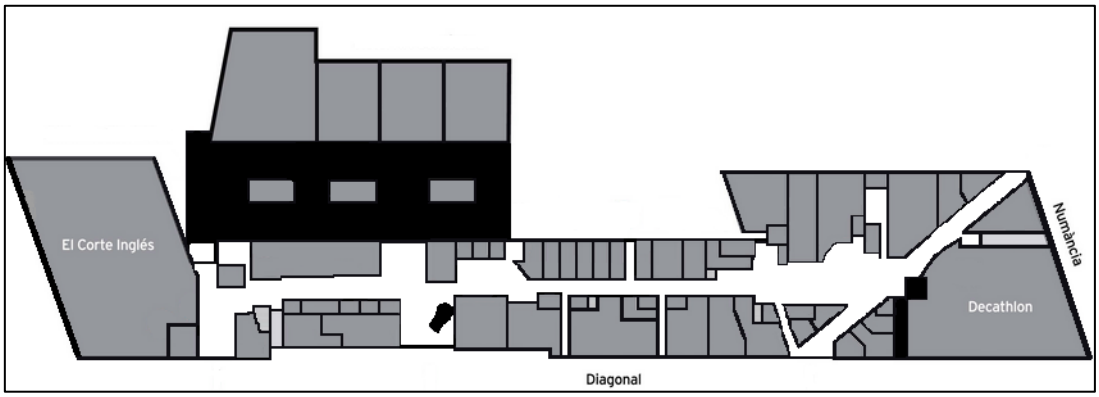
Per cada planta es mostren els plànols originals i els plànols descarregats dels components gràfics. Per les plantes P0 i P1 també s'ha definit la capa d'accessibilitat, marcant zones no accessibles, com les zones on no hi ha paviment a P1 i la zona exterior a P0. Per la P-Soterrani no s'ha definit una capa d'accessibilitat donat que no hi ha espais intransitables com a P1 o que es volguessin excloure com a P0.



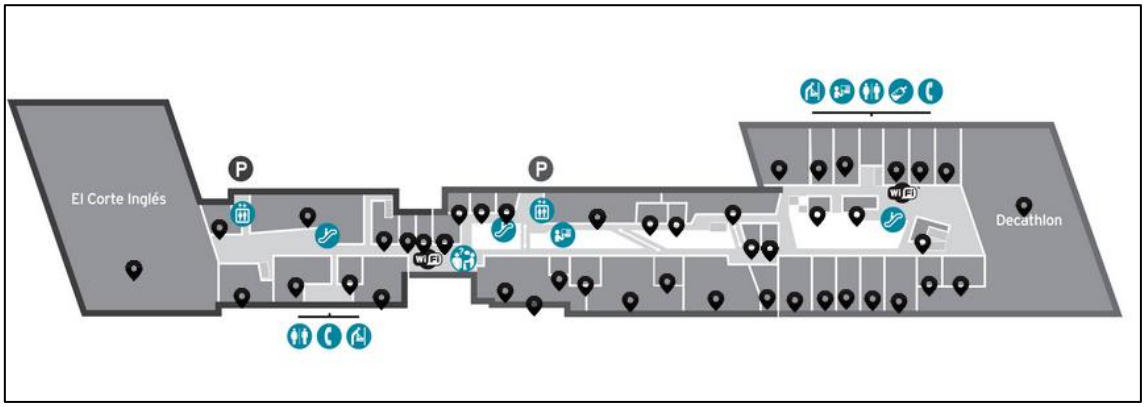
Il·lustració 9: Plànol Original P0



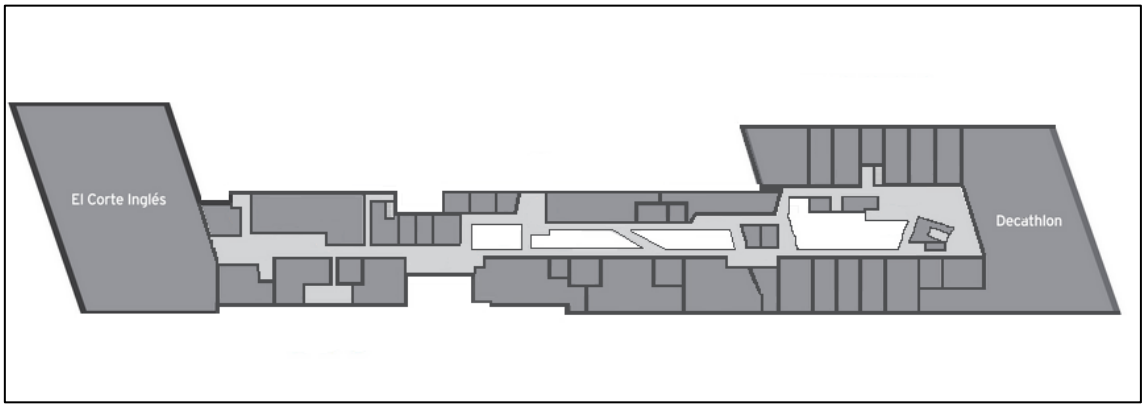
Il·lustració 10: Plànol P0



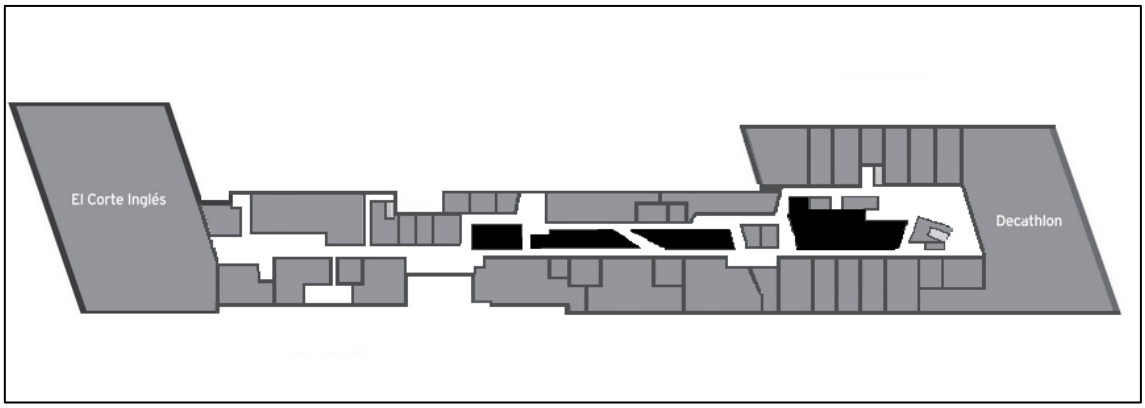
Il·lustració 11: Plànol P0 - Capa Accessibilitat



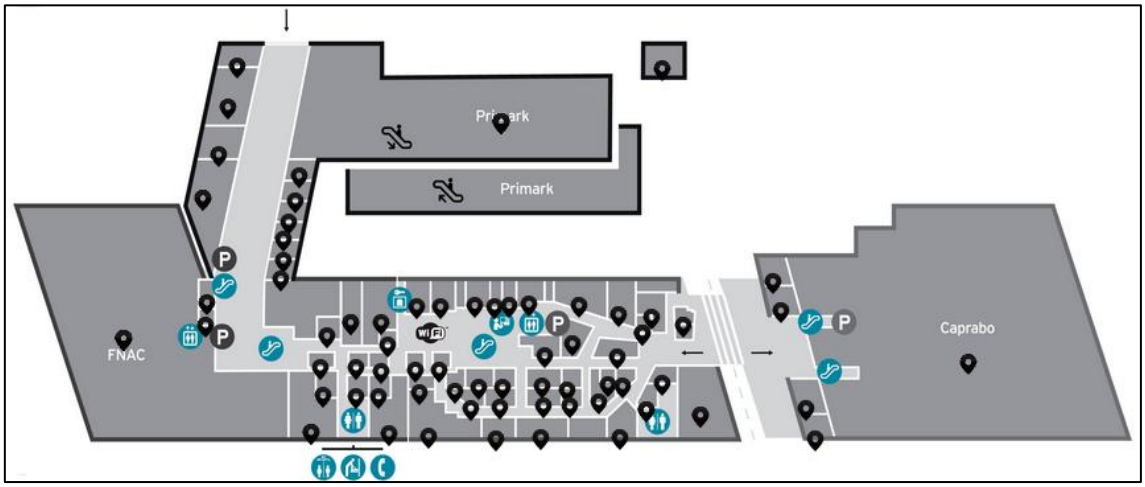
Il·lustració 12: Plànol P1 Original



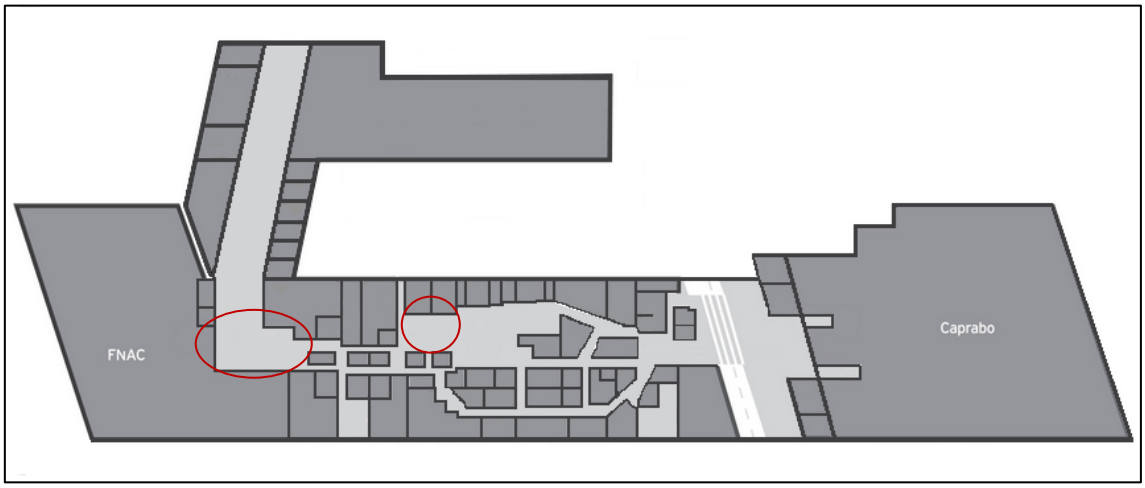
Il·lustració 13: Plànol P1



Il·lustració 14: Plànol P1 - Accesibilitat



Il·lustració 15: Plànol P-Soterrani Original



Il·lustració 16: Plànol P-Soterrani

S'ha d'indicar que els plànols obtinguts no són totalment acurats, ja que no reflecteixen la ubicació i dimensions exactes de les escales mecàniques ni les construccions auxiliars com estands, zones de taules de les cafeteries i quioscos temporals lligats a l'activitat comercial de Centre.

Són particularment rellevants les zones marcades en vermell al Plànol de la Planta Soterrani, corresponents a l'àrea davant de l'FNAC hi han dues cafeteries amb taules exteriors respectivament.

A les zones on hi ha obstacles les tasques de cal·libració es veuen compromeses, ja que no sempre és possible determinar amb precisió la ubicació dels obstacles mòbils sobre el plànol i marcar punts de control durant el procés de presa de dades. Tot i que s'ha procurat escollir punts de referència significatius i perdurables com cantonades, cruïlles i accessos en marcar punts sobre el plànol durant el procés de cal·libració es coment un error.

Encara que s'han descartat aquelles mesures on no es podia garantir haver complert amb el requeriment de caminar en línia recta i a velocitat constant, la presa de dades amb el centre comercial actiu no és una opció viable si es volen obtenir mesures acurades. Per limitar aquest problema les tasques de cal·libració s'han dut a terme en horaris poc concorreguts: laborables entre setmana a primera hora o a migdia. Idealment s'haurien de fer fora d'horari comercial.

5 Disseny de l'aplicació

5.1 Disseny tecnològic

L'objectiu del projecte es crear una aplicació Android per smartphone que ens permeti comprovar la viabilitat d'utilitzar WiFiSLAM com a eina per desenvolupar projectes de localització indoor. Per aquest motiu es farà un càlcul dels errors que es comenten en el posicionament.

Tecnològicament la utilització de WiFiSLAM imposa com a condició que l'aplicació desenvolupada ha d'integrar la API proporcionada dins del seu SDK, que proporciona les classes i interfícies definides a l'apartat 3.2 Funcionalitats API WiFiSLAM. Per poder integrar l'API l'aplicació ha de complir :

- Que tingui activada la compatibilitat amb Android 2.2, API 8.
- Que es disposin dels permisos ACCESS_COARSE_LOCATION, ACCESS_NETWORK_STATE, ACCESS_WIFI_STATE, CHANGE_NETWORK_STATE, CHANGE_WIFI_STATE, INTERNET, READ_PHONE_STATE i WRITE_EXTERNAL_STORAGE. Es permisos es recullen al Android.Manifest.xml
- Disposar d'una APIKEY WiFiSLAM, per autenticar la connexió i donar accés als recursos de WiFiSLAM. La APIKEY per WiFiSLAM s'obté al Web de la companyia dintre de l'apartat SDK/API → Manage API Keys i s'utilitza en invocar l'obertura d'un IndoorLocationManager.

Addicionalment l'aplicació hauria de poder mostrar informació de GoogleMaps i ha de proporcionar informació contextual associada a la ubicació de l'usuari:

- S'han de tenir instal·lades les Google APIs per Android 2.2.
- S'ha d'indicar al manifest que s'utilitzaran les recursos de com.google.android.maps
- Una APIKEY Google si es volen utilitzar les funcionalitats de Google Maps. Per obtenir un certificat MD5 està en la versió 1.7 del Java SDK, que per defecte genera claus SHA1, s'ha d' invocar l'eina keytools amb un paràmetre –v
- Amb el certificat MD5 és pot obtenir la APIKEY de GoogleMaps:

API de Google Maps

Página principal de Google Code > API de Google Maps > Suscripción al API de Google Maps

Gracias por suscribirte a la clave del API de Android Maps.

Tu clave es:

```
0D7xEVlyyZPTq2oaP4NMSFUdkXI3O_STcWh5OZw
```

Esta clave es válida para todas las aplicaciones firmadas con el certificado cuya huella dactilar sea:

```
DD:12:79:64:6B:8F:5F:D9:D6:C6:21:77:5F:BF:00:01
```

Incluimos un diseño xml de ejemplo para que puedas iniciarte por los senderos de la creación de mapas:

```
<com.google.android.maps.MapView
   android:layout_width="fill_parent"
   android:layout_height="fill_parent"
   android:apiKey="0D7xEVlyyZPTq2oaP4NMSFUdkXI3O_STcWh5OZw"
   />
```

Consulta la documentación del API para obtener más información.

Il·lustració 17: Obtenció de la APIKEY GoogleMaps

Hi ha tres enfocaments potencials per una aplicació Android :

- Basada en Java: utilitza Java per la gestió de tots els àmbits de l'aplicació, inclosa les cadenes de text, la creació de finestres, controls de la interfície gràfica d'usuari (Graphical User Interface o GUI) i assignació dels gestors d'events ("event handler").
- Basada en XML: Utilitza XML per la gestió de texts, finestres, controls GUI i assignació de gestor d'events. Utilitza Java per llegir dels XML i informar el ContentView de les finestres.
- Enfocament Híbrid: Utilitza XML per la gestió de texts, finestres, controls GUI. Utilitza Java per assignar gestors d'events.

WiFiSLAM proporciona un projecte Eclipse amb exemples de funcionalitats bàsiques que segueix un enfocament híbrid.

- Utilitza layouts definits amb XML → res/layout/[nom del layout].xml per definir les propietats de les finestres i els controls GUI
- Utilitza classes Java per gestionar la lògica de l'aplicació, les funcions de transformació i l'assignació de "event handlers"
- Utilitza classes Java diferents per gestionar les diferents funcionalitats bàsiques.

Amb aquests condicionats l'enfocament per l'aplicació, que anomenaré CentreComercial, serà Hibrid, amb recursos específics per les cadenes de text (Strings.xml) , els colors utilitzats (color.xml) i les dimensions dels texts en la presentació de pantalla (dimensions.xml)

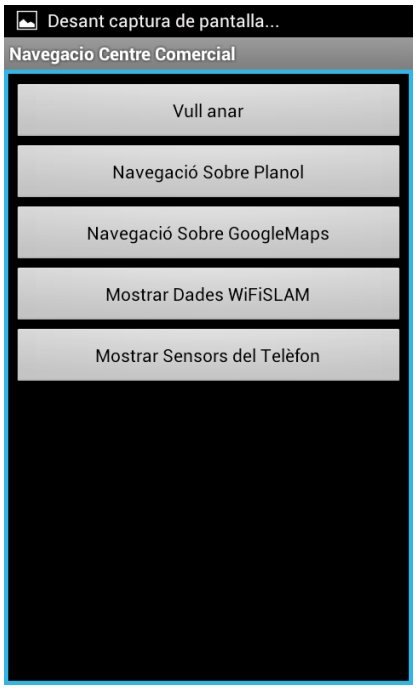
5.2 Anàlisi funcional

Els casos d'ús de l'aplicació deriven de les funcionalitats que es volen implementar:

Il·lustració 18: Casos d'ús

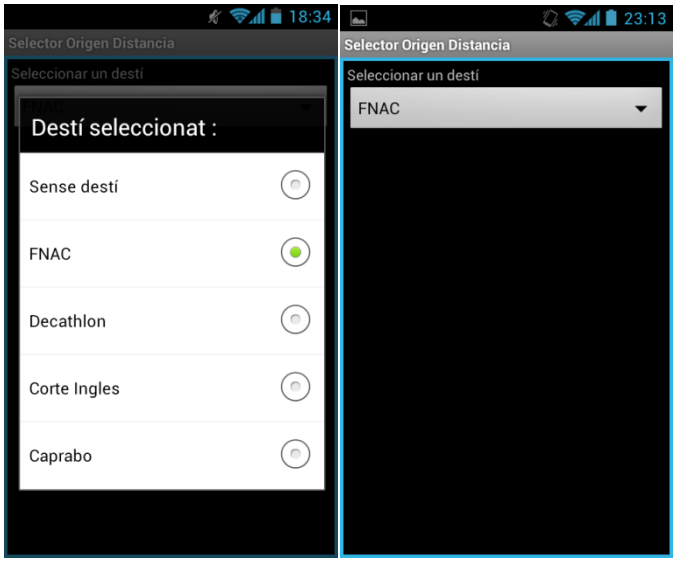
El **Menú Principal** donarà accés a les 5 opcions bàsiques: Vull anar, Navegació sobre plànol, Navegació Sobre GoogleMaps, Mostrar Dades WiFiSLAM i Mostrar Sensors del Telèfon.

Es va estudiar l'opció d'afegir una sisena opció que donés informació detallada dels comerços, però aquesta opció obeïa més a un desig d'integrar una BBDD SQLite i estudiar el seu funcionament que a una necessitat real en els requeriments de disseny, així que finalment es va desestimar.



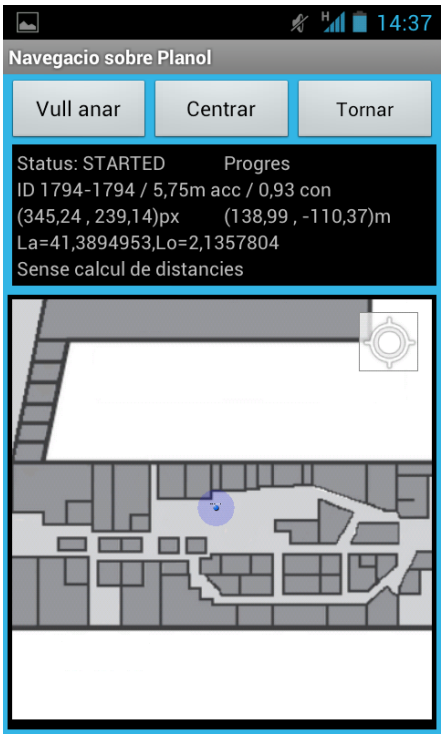
Il·lustració 19: Menú Principal APP Centre Comercial

Vull anar a – Permet escollir un indret d'una llista de selecció per calcular la distància des de la posició de l'usuari a la posició de l' indret. Obté les dades de posició del destí seleccionat i les retorna com a paràmetre a l'activitat des de la que s'ha invocat.



Il·lustració 20: Vull anar a - Selector de destí

Navegació sobre plànol – Dona accés a la funcionalitat principal. La pantalla conté tres àrees bàsiques.



A l'àrea superior es disposa d'uns botons per seleccionar un destí pel càlcul de distàncies, centrar la vista en l'usuari i sortir de la pantalla.

A l'àrea intermèdia es disposa d'un quadre de text amb informació de

- Estat de la connexió.
- Exactitud calculada per WiFiSLAM.
- confiança de que ens trobem a terra.
- Posició en píxels sobre el plànol original.
- Posició en metres sobre el plànol original.
- Latitud i Longitud.
- Distància a la destinació seleccionada.

A la zona inferior hi ha la vista on es visualitza la indoorLocationView que proporciona WiFiSLAM

Il·lustració 21: Navegació sobre plànol

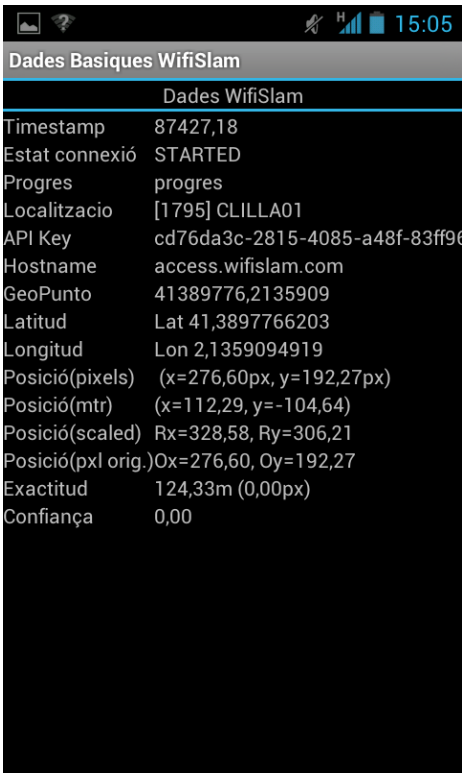
La vista de la navegació sobre plànol ha estat dissenyada per ajudar a les tasques de recollida d'informació. Per una aplicació comercial real s'hauria d'eliminar bona part de la informació textual que proporciona a la zona intermèdia.

Navegació sobre GoogleMaps - Permet visualitzar la navegació superposada a la posició en GoogleMaps.

En aquest mode de funcionament la pantalla té una única àrea de visualització.

No s'incorporen distàncies, informació contextual ni informació relativa a la posició i a l'error estimat de la posició. A la pantalla es visualitza el plànol proporcionat a WiFiSLAM amb el marcador blau que representa a l'usuari i les fotografies aèries de GoogleMaps.

Il·lustració 22: GoogleOverlay



Mostrar dades WiFiSLAM – permet veure les dades que proporciona WiFiSLAM. Es una funcionalitat utilitzada durant el desenvolupament. Conté informació de

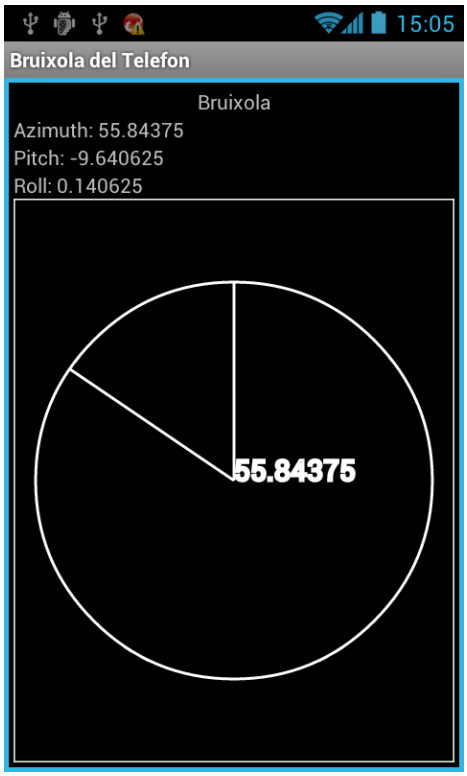
- Paràmetres de la conexió i la localització demanada.

- Posició en geopunt i Latitud i Longitud

-Posició en pixels i metres, relativa, escalada a la finestra i segons el plànol inicialment proporcionalt.

-Exactitud segons WiFiSLAM i confiança de que ens trobem al terra de la ubicació.

Il·lustració 23: Informació WiFiSLAM



Mostrar Sensors del Telèfon.- Permet visualitzar les dades del giroscopi, acceleròmetre i magnetòmetre del telèfon més un càlcul de la direcció.

Conté una finestra superior amb la informació en format text:

- Azimuth és l'angle Nord - mòbil.
- Pitch és l'angle d'inclinació.
- Roll és l'angle de gir lateral.

Conté una finestra inferior que simula la visualització d'una brúixola molt senzilla. L'azimuth és l'angle format entre la línia fixa que proporciona la direcció del telèfon i la línia mòbil que apunta al Nord.

Il·lustració 24: Informació Sensors

5.3 Disseny de funcions

Les funcions bàsiques necessàries per l'aplicació són el càlcul de distancies i el càlcul d'error.

En tots dos casos una de les fonts de dades serà la informació que proporciona WiFiSLAM a través de la classe indoorLocation. La informació que es pot aconseguir a partir dels mètodes que proporciona la classe es:

- Exactitud de la localització calculada per WiFiSLAM en metres i píxels respectivament en funció del model de distribució de signatures de senyal: getAccuracy() i getAccuracyPixels().
- La posició en píxels sobre el plànol original: getFloorplanX() i getFloorplanY()
- La posició com a GeoPoint i en graus de latitud i longitud, calculada a partir de la posició i l'alineació en Latitud/Longitud introduït al web: getGeoPoint(), getLatitude() i getLongitude()
- La planta de l'edifici, segons l'identificador assignat al web: getLocationId()
- La confiança de que estem situats a la planta indicada mesurada dintre de l' interval [0.0 , 1.0]: getOnFloorConfidence.
- Informació relativa a la posició sobre el plànol en coordenades cartesianes en valor relatiu a la finestra de visualització: getRelativeX() i getRelativeY(), getScaledFloorplanX() i getScaledFloorplanY()

<u>Funció de càlcul de distàncies</u>

Donada un parell de posicions p1 i p2 definides en un espai tridimensional amb coordenades (x,y,z) tenim que la distància euclidiana es calcula com:

$$d(p1, p2) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

En el cas de la geometria terrestre, l'equació euclidiana de distància no resulta adequada ja que les mides no es prenen sobre la superfície. Sols resulta una bona aproximació en escales per les que la curvatura terrestre es pot menysprear.

La figura real de la Terra s'aproxima pel geoide, una superfície on la direcció de la gravetat és perpendicular en tots els llocs i es correspon amb el valor de la gravetat que s'experimenta al nivell mitjà del mar. Donades les irregularitats que presenta aquest model de superfície, per tal de poder realitzar càlculs es treballa amb una superfície de referència que té una definició matemàtica més senzilla i que aproxima la forma de la Terra : l'el·lipsoide.

Un datum geodèsic està format per les mides de l'el·lipsoide que agafa com a referència i un punt fonamental on el geoide és tangent a l'el·lipsoide, definit amb longitud, latitud i azimut

Per definir un el·lipsoide de referència es necessiten:

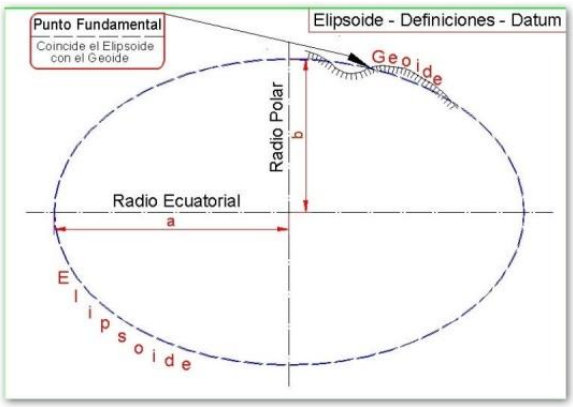
- Les mides del semieix major o equatorial (a), que es correspon amb la longitud del semieix que va des del centre de masses de la Terra fins a la superfície terrestre.
- Les mides del semieix menor o polar(b), que es correspon ambla longitud que va des del centre de masses de la Terra fins a un dels pols.
- El factor d'aplanament (f) que indica el nivell de similitud respecte a una esfera i es calcula com f= 1 – (b/a). Normalment es treballa amb 1/f = a/(a-b)
- L'excentricitat, que indica el grau de desviació d'una òrbita el·líptica respecte a una òrbita circular.

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

Existeixen el·lipsoides locals que son aproximacions al Geoide per una zona geogràfica concreta i existeix l'el·lipsoide global que és el que millor ajusta la Terra globalment.

Les mides de l'el·lipsoide han variat des de la primera definició de 1924 donada per l'Assemblea General de la Unió Geodèsica i Geofísica Internacional fins a la definició de l'Assemblea General de la Unió Astronòmica Internacional de 1976, basada en les observacions fetes per satèl·lit, que va entrar en vigor el 1 de gener de 1984. Aquest sistema de constats designat com IAU (1976) defineix l'el·lipsoide WGS 84, que és el que utilitza GPS com:

Radi equatorial: a = 6.378,137km
Radi polar c = 6356,752 km
Aplanament 1/f = 298, 257



Il·lustració 25: El·lipsoide terrestre

La distància més curta entre dos punts sobre l'el·lipsoide és la distància ortodròmica, un segment de la geodèsica que passa pels dos punts. La fórmula per calcular la distància més curta entre dos punts sobre l'el·lipsoide:

$$d(A, B) = r * \Delta\hat{\sigma}$$

On tenim :

$$\Delta\hat{\sigma} = \cos^{-1}(\sin\phi_A \sin\phi_B + \cos\phi_A \cos\phi_B \cos(|\lambda_A - \lambda_B|)$$

Per distàncies petites es pot emprar la fórmula de Haversine, encara que presenta errors d'arrodoniment pels casos de punts situats a extrems oposat de l'esfera:

$$\Delta\hat{\sigma} = 2\arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos\phi_s \cos\phi_f \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}\right).$$

O bé la formula de Vincenty, que es acurada per totes les distàncies:

$$\Delta\hat{\sigma} = \arctan\left(\frac{\sqrt{(\cos\phi_f \sin\Delta\lambda)^2 + (\cos\phi_s \sin\phi_f - \sin\phi_s \cos\phi_f \cos\Delta\lambda)^2}}{\sin\phi_s \sin\phi_f + \cos\phi_s \cos\phi_f \cos\Delta\lambda}\right).$$

Pel desenvolupament de l'aplicació s'ha fet servir la següent aproximació:

Distancia = [aCos (Sen($Lat1_{rad}$) * Sin($Lat2_{rad}$) + Cos($Lat1_{rad}$) * Cos($Lat2_{rad}$) *Cos($\Delta\phi_{rad}$))]º * 60*1515*1609344*1000

Per calcular una distància es necessiten dos punts a l'espai, així dons la funció del càlcul de distàncies sols es pot emprar una vegada seleccionada un destí com de la llista de destins definits a l'aplicació.

La funció de càlcul de distàncies rep com a paràmetres la posició definida pel destí i les dades de posició proporcionades pel indoorLocation. La informació de posició dels destins potencials de distàncies s'ha d'haver calculat per avançant. Aquesta informació estarà emmagatzemada a l'aplicació i es basarà en la posició del punt d'accés de l'establiment. Seria més correcte calcular-la en base a la distància mínima entre la superfície ocupada per l'establiment i la posició de l'usuari, però això suposaria introduir una complicació afegida que no aportaria res a l'estudi de la viabilitat de WiFiSLAM.

La determinació de la posició dels destins es basarà en la posició sobre plànol Latitud i Longitud mesurada a través del propi WiFiSLAM.

Segons l' Institut Cartogràfic de Catalunya , el WGS84 utilitzat per GPS i l'ETRS89 que és l'oficial a Catalunya són equivalents amb diferencies màximes de 42 cm. Tenint en compte la precisió del WGS84 absolut d'uns 3 m podem emprar el resultat d'un receptor GPS directament sobre els marcs de referència de l'ICC basats en ETRS89 de forma directa.

Funció de càlcul d'errors

Considerant WiFiSLAM un instrument de mesura, l'eina ens proporciona valors mesurats de les posicions reals. La mesura, quan es treballa sobre un plànol que s'ha alineat en Latitud/Longitud introduint directament la informació o superposant-lo sobre GoogleMaps, es proporciona en unitats diverses:

- Latitud i Longitud en graus.
- Píxels sobre el plànol original, amb origen (0,0) situat a la cantonada superior esquera.
- Píxels sobre el plànol mostrat en la visualització (aplicant factors d'escala).
- Exactitud de la posició en metres, encara que la companyia no proporciona informació sobre com ho calculen.
- Confiança de que ens trobem sobre el terra.

Durant el procés de presa de dades experimentals s'ha observat que WiFiSLAM té un temps de relaxació inicial que oscil·la entre els 30' en localitzacions amb una sola planta i els 2-4 minuts en si és un grup, diverses localitzacions que representen plantes o zones d'un edifici. Aquest paràmetre s'ha de tenir en compte a l'hora de prendre mides. També s'ha detectat que en condicions de marxa el sistema presenta periòdicament un retard en la posició proporcionada que també caldrà considerar.

El procés de cal·libració de les localitzacions es pot considerar el cal·librat del WiFiSLAM com a instrument, on les condicions nominals venen donades pels A.P. presents, la seva potència de senyal i la resta de condicionats que tenen influència en la captació dels senyals WiFi. Cal realitzar diverses iteracions per garantir un volum de dades suficient per la construcció del model.

L'exactitud del model la proporciona WiFiSLAM en forma de tolerància, com a error màxim esperat per la posició proporcionada. S'ha de contrastar aquest error màxim contra els resultats experimentals.

Pe estimar la precisió s'hauran de prendre diverses mides de posició en punts estratègics. Aquests punts corresponen a llocs fàcilment localitzables mitjançant un element arquitectònic (cantonades, portes de separació) per les quals es pot calcular la posició en píxels sobre els plànols originals. A partir de les posicions experimentals preses en una mateixa sessió i amb un mateix smartphone es podrà determinar la repetibilitat. Fent proves en diversos dies i amb diferents smartphones es podria calcular la reproductibilitat.

Respecte a la resolució, les fluctuacions de la mida en situacions estàtiques, amb l'usuari aturat WiFiSLAM realitza ajustos de posició, fan que aquest paràmetre no sigui rellevant.

En el cas WiFiSLAM no es consideren altres conceptes com el rang de mida, la polarització, la linealitat , la sensibilitat de la mesura, les derives i el llindar de mida per que o bé no tenen sentit en un instrument no mecànic o per que la seva caracterització requeriria l'anàlisi en condicions controlades de mesura que estan fora del nostre abast.

El procediment seguit pel càlcul dels errors és:

- Seleccionar un grup de punts de control a cada planta de centre comercial. Cada punt es correspon amb un lloc singular.
- Per cada punt, recollir lectures de posició mesurades en diferents dies. Donat que no es té control sobre les WiFi presents ni sobre els AP disponibles en cada moment s'ha decidit recollir dades en dies diferents per veure si es detecten variacions dependents del dia.
- Per cada lectura de posició es recullen els píxels sobre plànol original, la latitud i la longitud, l'exactitud proporcionada per WiFiSLAM.
- Les lectures recollides es poden estudiar estadísticament per calcular la mitjana, l'error i la desviació estàndard.
- Donat que es coneix el valor real de la posició aquest es pot contrastar contra la lectura trobada i estudiar les diferències.

Per poder establir si l'error detectat és sistemàtic o aleatori caldria disposar d'informació addicional sobre els models de WiFiSLAM.

S'interpreta que WiFiSLAM ja contempla els errors sistemàtics dintre de l'exactitud que proporciona. El tractament de l'error es fa sota la suposició de que tot l'error es aleatori, interpretat com errors absoluts entre la posició mesurada i la real en les coordenades sobre plànol original.

Donat que hi haurà diverses mesures el valor de la mesura serà la mitjana aritmètica:

$$< d >= \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} d_i$$

I l'error de la mida es podrà calcular com:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(d_i - < d >)^2}{n * (n-1)}}$$

I la desviació estàndard és:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(d_i - < d >)^2}{(n-1)}}$$

6 Aplicació desenvolupada

6.1 Condicionants i limitacions

L'aplicació desenvolupada s'ha basat amb el SDK proporcionat per WiFiSLAM com a part de les eines que posa a disposició dels desenvolupadors. Aquest SDK proporciona els exemples bàsics d'integració de l'API WiFiSLAM amb una aplicació Android.

S'han definit dues localitzacions: CentreComercial, que correspon a l'Illa Diagonal i una localització de Test per poder dur a terme les proves durant el desenvolupament de les diverses opcions de l'aplicació. L'única accessible per una persona interessada en realitzar més proves és l'Illa Diagonal.

Les proves inicials de l'aplicació al centre comercial van detectar que WiFiSLAM tenia dificultats per determinar la planta on estava situat l'usuari. Per poder continuar amb la recollida d'informació es va optar per implementar una pantalla de selecció inicial que permetés escollir una localització entre les disponibles.

S'ha habilitat l'opció de vista sobre GoogleMaps, però en aquesta opció no s'han afegit les opcions desenvolupades per la Vista de Navegació.

S'ha mantingut l'opció de visualització de dades proporcionades per un objecte tipus indoorLocation de WiFiSLAM donat que es va utilitzar durant el procés de depuració per analitzar tota la informació disponible i determinar quina es faria servir a la resta de pantalles, però en una aplicació comercial real aquesta pantalla no estaria disponible.

Pel càlcul de distàncies sols s'ofereixen inicialment un grup limitat de quatre potencials destinacions: Decathlon, Caprabo, Corte Inglés i FNAC. L'ampliació d'aquesta opció a la resta de locals del centre comercial no afegeix complexitat teòrica, sols cal inventariar, incorporar la localització de referència i gestionar un volum més gran de destins potencials.

Per cada destí potencial s'ha de definir el punt de referència, obtenir les seves coordenades i emmagatzemar la localització assignada. En l'aplicació s'ha pres com a punt de referència la porta d'accés a l'establiment. Seria més correcte emmagatzemar les àrees dels establiments com a polígons dintre d'una BBDD geogràfica per desprès calcular les distàncies referides al punt més proper des de la localització de l'usuari fins al establiment, però donat que tot establiment s'accedeix per la porta no ha semblat que aquesta aproximació aportés un valor afegit a l'aplicació.

Pel càlcul d'errors no s'ha implementat una opció capaç de processar la informació on-line i proporcionar una estimació de l'error comés. S'ha optat per realitzar l'anàlisi de dades obtingudes durant les proves mitjançant altres eines i mostrar a l'aplicació exclusivament la dada de l'Accuracy proporcionada per WiFiSLAM en funció del seu model matemàtic.

6.2 Implementació d'activitats i pantalles

L'aplicació implementa les classes i vistes associades:

Classe	Vista
MenuInicial	cc_menu_inicial.xml
CentreComercialBase	cc_aplicacio_complerta.xml
DadesComuns	-
SelectorDesti	cc_selector.xml
DadesBasiques	cc_dadesbasiques.xml
MapViewActivity	cc_aplicacio_mapview.xml
VisualitzarGoogleOverlay	cc_google_maps_floorplan_overlay.xml
ACompass	cc_compassview.xml
ACompassView	cc_compassview.xml → Vista bruixola

Es fan servir el recurs strings.xml per contenir les cadenes de text que es mostren per pantalla. Si es vulgues que l'aplicació fos multi idioma el fet de definir les cadenes de text dintre d'aquest recurs permet definir un específic per cada idioma i gestionar el canvi a partir de la configuració de l'aplicació.

Es fa servir el recurs colors.xml per definir els colors dels elements de pantalla. En particular s'ha definit el color bàsic de l'aplicació com *colorcentre*, canviant aquesta definició es pot modificar el color base global de totes les vistes:

```
        <color name="colorcentre">#33B5E5</color>
```

Altres opcions per personalitzar l'aplicació i actualitzar l'aspecte en funció del centre comercial hagués estat treballar amb styles, dimensions, etc.

L'aplicació incorpora les llibreries android.jar (v2.2 API 8), wifislam.jar i maps.jar.

6.2.1 Menú Inicial de selecció de Localització – MenuInicial

La classe MenuInicial realitza les primeres comprovacions de disponibilitat de dades bàsiques pel funcionament de WiFiSLAM Es requereix espai per emmagatzemar els plànols i altres dades gestionades per WiFiSLAM.

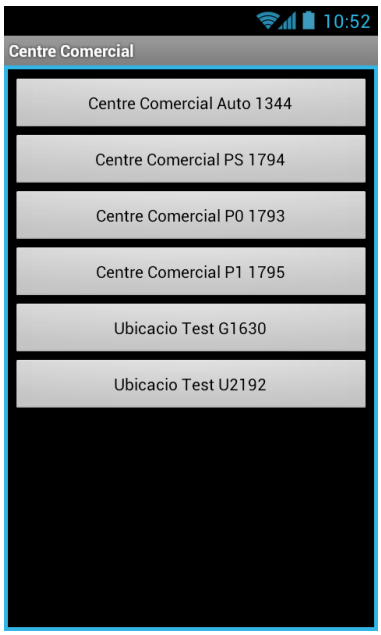
- Es requereix l'API WiFISLAM i una localització per defecte
- Es requereix l'APLI GoogleMaps

A l'AndroidManifest.xml apareix com l'activitat que s'executa en arrencar l'aplicació. Aquesta prioritat es determina per que el intent-filter esta definit amb action MAIN i category LAUNCHER:

```
        <activity
            android:label="Centre Comercial"
```

```
            android:name="com.wifislam.psm.MenuInicial">
            <intent-filter >
                <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
                <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
            </intent-filter>
        </activity>
```

La classe s'associa a la vista cc_menu_inici.xml :



La vista es un LinearLayout amb sis botons distribuïts verticalment.

Cada botó permet la selecció d'una de les localitzacions. Es pot seleccionar un grup i deixar que WiFiSLAM posicioni automàticament dintre del mateix. Es pot seleccionar una localització i forçar que WiFiSLAM ens posicioni dintre.

Il·lustració 26: Menú Inicial

En polsar un botó qualsevol s'informa a DadesComuns de la selecció realitzada i es crida a l'activitat CentreComercialBase:

```
// Centre comercial en mode automàtic
((Button)findViewById(R.id.button_selector_automatic)).setOnClickListener(new OnClickListener()
{
            @Override
            public void onClick(View v) {
                Intent intent = new Intent(MenuInicial.this, CentreComercialBase.class);
                DadesComuns.setLocation("group", "1344");
                startActivity(intent);
            }
        });
```

DadesComuns es una classe estàndard Java que emmagatzema dades bàsiques, com les claus i la localització sobre la que es navegarà. Disposa d'un mètode que en rebre una nova selecció crea una LocationChoice WiFiSLAM que serà utilitzada per totes les opcions posteriors per treballar:

```
public static void setLocation(String tipus, String localitzacio ){

        LLOC = localitzacio;

        if (tipus.equals("single")){
                LOCATION_CHOICE= new LocationChoice(LocationType.SINGLE_LOCATION_ID,
localitzacio);
```

```
        } else {
                LOCATION_CHOICE= new LocationChoice(LocationType.LOCATION_GROUP_ID,
localitzacio);
        }
```

6.2.2 Menú d'opcions de l'aplicació - CentreComercialBase

La classe CentreComercialBase implementa l'activitat de menú d'aplicació des de la que es dona accés a la resta d'opcions. En el cas de que els problemes amb WiFiSLAM treballant en mode automàtic no haguessin existit aquesta seria la activitat inicial.

Al AndroidManifest.xml apareix com a una activitat amb un intent-filter definit. Els paràmetres informats al intent-filter són els per defecte de *action VIEW* i *category DEFAULT*:

```
    <activity
            android:label="Navegacio Centre Comercial"
            android:name="com.wifislam.psm.CentreComercialBase">
            <intent-filter >
                <action android:name="android.intent.action.VIEW"/>
                <category android:name="android.intent.category.DEFAULT"/>
            </intent-filter>
        </activity>
```

En iniciar, si encara no s'ha creat, genera un *singleton* per contenir un indoorLocationManager actiu al llarg de la navegació. Aquest *singleton* s'utilitza per tal de que es pugui accedir a les pantalles de selecció de destí i tornar a la navegació sense deixar de rebre actualitzacions de navegació:

```
  // En utilitzar el context de l'aplicació es pot sortir de l'activitat i tornar
      // sense aturar el servei de localització.

      CMAppSingleton.createIfNecessary(getApplicationContext());
```

El codi del *singleton* és equivalent al proporcionat per WiFiSLAM. Dels paràmetres que gestiona, s'han fet proves activant i desactivat les opcions d'*enableWebLocation* (permet mostrar a l'usuari a la web de WiFiSLAM) i *logAndUploadSensorData* (carrega dades dels sensors al Web). Deixar activa l'opció *logAndUploadSensorData* és problemàtica ja que la gestió que fa WiFiSLAM de l'espai per emmagatzemar i carregar dades és força ineficient i va donar problemes al telèfon en algunes de les proves.

El *singleton* implementa sols una part de les accions requerides per obtenir localitzacions de WiFiSLAM:

- Construeix un IndoorLocationManager.
- Quan el servei es connecta autentica la connexió mitjançant l'APIKEY de DadesComuns.
- Selecciona la localització emmagatzemada a DadesComuns.LOCATION_CHOICE.

Per facilitar el seguiment de les accions que es realitzen durant la creació del singleton s'han afegit missatges tipus Toast que informen per pantalla a l'usuari de que l'aplicació s'està connectant i que s'està autenticant:

Il·lustració 27 : Menú Aplicació i missatges

La vista associada està definida en base a un *LinearLayout* amb cinc botons distribuïts verticalment. Cada botó permet la selecció d'una de les opcions de l'aplicació. Es podria haver eliminat l'opció inicial de "Vull anar" d'aquest menú, però es va deixar ja que és una activitat accessible des de dos activitats de l'aplicació.

La forma de cridar cada activitat difereix en funció de si es crida amb pas de paràmetres, si es crida per obtenir informació o si es una crida bàsica.

La selecció d'un destí es crida com ***startActivityForResult***, això implica que esperem rebre una contestació d'aquesta activitat. En la crida es pot incorporar un *REQUEST_CODE* que serveix per distingir respostes rebudes de crides d'aquest tipus a diferents activitats:

```
//Si es pulsa l'opció de seleccionar origen de dades

    ((Button)findViewById(R.id.button_selector_desti)).setOnClickListener(new OnClickListener() {
      @Override
      public void onClick(View v) {

        Intent iOrigen = new Intent(CentreComercialBase.this, SelectorDesti.class);
        int REQUEST_CODE =1;
        // S'asigna un request code per poder distingir entre diverses respostes si
        // hi ha diverses activitats que poden ser cridades per obtenir un resultat.
        startActivityForResult(iOrigen, REQUEST_CODE);
      }
    });
```

La resposta a la crida es rep al mètode *onActivityResult* :

```
protected void onActivityResult(int requestCode, int resultCode, Intent data)  {
        if (resultCode == RESULT_OK && requestCode == 1) {

                if (data.hasExtra("origen")) {
                        origenDistancia=data.getExtras().getString("origen");
                }
                if (origenDistancia != "Sense destí"){
                        if (data.hasExtra("latitud")) {
                          origenLatitud= data.getExtras().getDouble("latitud");
                        }

                        if (data.hasExtra("longitud")) {
                          origenLongitud= data.getExtras().getDouble("longitud");
                        }

                        if (data.hasExtra("altura")) {
                          origenAltura= data.getExtras().getDouble("altura");
                        }
                } else origenDistancia = null;
        }
}
```

El mètode permet gestionar les respostes a diverses crides sempre que s'informi un *requestCode* diferent per cada cas. Una vegada seleccionat el cas a tractar a través del *requestCode* es pot procedir a verificar si s'han rebut les dades dintre del Intent retornat i es poden extreure a través del seu nom i tipus cap a variables de la classe. Aquestes dades s'incorporen al Intent a la classe SelectorDesti i es veurà posteriorment.

La crida a MapViewActivity es realitza incorporant paràmetres al Intent amb el mètode putExtra([nom de la dada],[valor de la dada]). En aquest cas les dades que s'incorporen són les obtingudes de la selecció de destí si existeixen. Com que es pot canviar de destinació des d'una de les opcions de MapViewActivity s'ha optat per no fer servir variables globals:

```
    //Si es pulsa l'opció de navegacio sobre planol.  S'ha de considerar que si s'havia seleccionat un destí s'ha de
passar la informació com
    //extras dintre del Intent.
    ((Button)findViewById(R.id.button_show_map_view)).setOnClickListener(new OnClickListener() {
      @Override
      public void onClick(View v) {

          Intent data = new Intent(CentreComercialBase.this, MapViewActivity.class);
          if(origenDistancia != null){
                    data.putExtra("origen",  origenDistancia);
                    data.putExtra("longitud",origenLongitud);
                    data.putExtra("latitud", origenLatitud);
                    data.putExtra("altura",  origenAltura);
          }
          startActivity(data);
      }
    });
```

Una crida normal invoca la nova activitat tal com es realitza per cridar la visualització sobre Google Maps:

```
//Si es pulsa l'opció de visualització sobre google maps

((Button)findViewById(R.id.button_show_google_overlay)).setOnClickListener(new OnClickListener() {
  @Override
  public void onClick(View v) {

      Intent data = new Intent(CentreComercialBase.this, VisualitzarGoogleOverlay.class);
      startActivity(data);
  }
});
```

6.2.3 Opció de selecció de destí "Vull anar" - SelectorDesti

L'opció Vull anar està implementada a la classe SelectorDesti. Com que la classe es crida sempre amb la modalitat ***startActivityForResult*** al AndroidManifest apareix amb una definició explícita del intent-filter:

```
<activity
    android:label="Selector Origen Distancia"
    android:name="com.wifislam.psm.SelectorDesti"
    >
    <intent-filter >
        <action android:name=".android.intent.action.VIEW"/>
        <category android:name="android.intent.category.DEFAULT"/>
    </intent-filter>
</activity>
```

La classe conté la informació dels destins disponibles amb una estructura de dades composta per un vector de noms i una matriu de coordenades:

```
private String[] ubicacions =
   {      "FNAC", "Corte Ingles", "Decathlon", "Caprabo", "Comedor"};
  //Longitud, latitud i alçada
private double[][] coordenades=
   {      {2.1365724, 41.3898119 , 55.4},
          {2.1364869, 41.3898587 , 61.4},
          {2.133341, 41.389310 , 61.4},
          {2.1345665, 41.3892289 , 55.7},
          {2.174838, 41.377819 , 25.8}
   };
private int cntROWS = 5;
private int cntCOLUMNS = 4;
```

El mètode onCreate associa la vista definida al layout cc_selector i crea la llista desplegable (spinner) i activa el listener per detectar quan es selecciona una de les seves opcions:

```
public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.cc_selector);
    mItemSelectedMessageTemplate = getString(R.string.spinner_missatge);
```

```
        Spinner spinner1 = (Spinner)findViewById(R.id.spinner_SeleccionarUbicacio);
        spinner1.setOnItemSelectedListener(new SpinnerInfo());
 }
```

La vista cc_selector és molt senzilla, ja que bàsicament la seva única utilitat és vincular l'spinner:

```
  <TextView
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_width="match_parent"
        android:text="@string/spinner_SeleccionarUbicacio"/>
        <Spinner
            android:id="@+id/spinner_SeleccionarUbicacio"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_width="match_parent"
            android:entries="@array/spinner_entries"
            android:prompt="@string/spinner_missatge"
            />
```

Les opcions mostrades a l'spinner es defineixen a strings.xml:

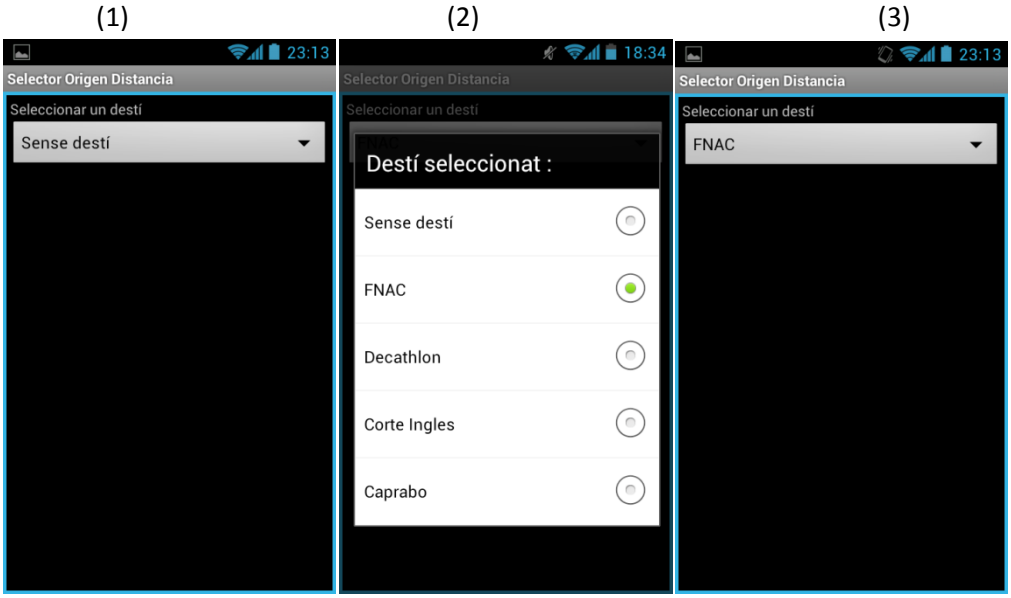
```
    <!-- Opcio Selecció de desti pel càlcul de distàncies -->
    <string name="spinner_SeleccionarUbicacio">Seleccionar un destí</string>
       <string-array name="spinner_entries">
              <item>Sense destí</item>
              <item>FNAC</item>
              <item>Decathlon</item>
              <item>Corte Ingles</item>
              <item>Caprabo</item>
       </string-array>
<string name="spinner_missatge">Destí seleccionat : </string>
```

Els spinners porten integrat un mecanisme de paginació automàtic i són un mecanisme útil per mostrar llistes de selecció. En general és més senzill administrar les opcions directament al strings.xml del que seria afegir botons o altres elements de selecció.

Quan es selecciona una opció, el listener creat SpinnerInfo detecta el canvi i permet el tractament de la selecció i guardar-la en una variable:

```
private class SpinnerInfo implements OnItemSelectedListener {
private boolean isFirst = true;

/**
 *  Mostra l'origen de distàncies escollit anteriorment.
 *  La primera vegada no conté informació representativa ja que correspon
 *  al primer origen de la llista.
 */
  @Override
public void onItemSelected(AdapterView<?> spinner, View selectedView, int selectedIndex,long id)
{
        if (isFirst) {
                isFirst = false;
       } else {
                String selection = spinner.getItemAtPosition(selectedIndex).toString();
                String message =
                                String.format(mItemSelectedMessageTemplate, selection);
                origen = selection;
            }
        }
```

Visualment la seqüència d'accions queda:



Il·lustració 28: Seqüència d'un Spinner

Com que la crida a l'activitat ha estat per obtenir un resultat, en sortir de l'activitat s'activa el mètode finish, que és on s'ha implementat el retorn de la informació demanada. Si l'opció escollida es diferent de "Sense destí" que és l'opció per defecte, es recuperen les coordenades vinculades a la selecció i es retornen a l'activitat origen de la crida:

```
        public void finish() {
             // Preparar data intent
            double longitud =0;
            double latitud=0;
            double altura=0;

            Intent data = new Intent();

            if (origen != "Sense destí") {

                    data.putExtra("origen", origen);
                    for (int i = 0; i<cntROWS;i++){

                            if (ubicacions[i].equals(origen)){
                                    longitud= coordenades[i][0];
                                    latitud= coordenades[i][1];
                                    altura= coordenades[i][2];
                            }
                    }

                    data.putExtra("longitud",longitud);
                    data.putExtra("latitud",latitud);
                    data.putExtra("altura",altura);
            }

            //Activitat de selecció de desti finalitzada. Es retorna la dada del nou destí
            setResult(RESULT_OK, data);
            super.finish();

            }
    }
```

Si s'hagués optat per treballar amb una BBDD SQLitle aquesta activitat seria el lloc on s'hauria de modificar el codi. Primer s'hagués hagut de recuperar les destinacions mitjançant una consulta a la BBDD, segon s'hagués hagut de canviar el mecanisme de l'spinner per tal de poder generar una llista d'opcions de longitud dinàmica i segon una vegada escollida l'opció s'hagués hagut d'executar una consulta per obtenir les dades específiques del destí.

6.2.4 Visualització de dades WiFiSLAM - DadesBasiques

La classe DadesBasiques implementa l'activitat de mostrar els dades textuals que proporciona WiFiSLAM. Aquesta va ser la primera classe desenvolupada i va servir per examinar les dades proporcionades i decidir quines es farien servir a la resta de l'aplicació.

Es va optar per deixar que la classe implementi el cicle complert de connexió amb WiFiSLAM ja que a la configuració del IndoorLocationManager s'especifica que no es descarreguin plànols de planta amb el paràmetre enableFloorplnaDownloads informat a fals:

```
final IndoorLocationManager.Configuration config = new IndoorLocationManager.Configuration();
config.enableFloorplanDownloads = false;
```

Una vegada es comencen a rebre actualitzacions de posició, des de onIndoorLocationChaged es crida el mètode updateDisplay amb una estructura de dades indoorLocation com paràmetre. Aquest mètode extreu la informació del indoorLocation i dona format a les dades per mostrar-les a la vista:

```
  /**
   * Quan es reb nova informació des del listener s'actualitza la pantalla
   * Cada cap de la pantalla requereix una TextView
   * Es calcula el contingut de la TextView
   * S'indica que es mostri el valor per pantalla.
   */
private void updateDisplay(IndoorLocation indoorLocation) {
            //Accuracy en metres
    final TextView displayAccuracy = (TextView)findViewById(R.id.pose_accuracy);
    final TextView displayConfidence = (TextView)findViewById(R.id.pose_confidence);
    final TextView displayLocation = (TextView)findViewById(R.id.pose_location);
    final TextView displayPosition = (TextView)findViewById(R.id.pose_position);
    final TextView displayLatitud = (TextView)findViewById(R.id.pose_latitud);
    final TextView displayLongitud = (TextView)findViewById(R.id.pose_longitud);
    final TextView displayPositionPixels=   (TextView)findViewById(R.id.pose_position_pixels);
    final TextView displayGeoPoint = (TextView)findViewById(R.id.pose_geopoint);
    final TextView displayPositionScaled = (TextView)findViewById(R.id.pose_position_scaled);
    final TextView displayPositionOriginal = (TextView)findViewById(R.id.pose_position_original);

     final TextView displayTimestamp = (TextView)findViewById(R.id.pose_timestamp);
     final String x = String.format("%.2f", indoorLocation.getRelativeX());
     final String y = String.format("%.2f", indoorLocation.getRelativeY());
     final String org_x = String.format("%.2f", indoorLocation.getFloorplanX());
     final String org_y = String.format("%.2f", indoorLocation.getFloorplanY());
     final String rel_x = String.format("%.2f", indoorLocation.getScaledFloorplanX());
     final String rel_y = String.format("%.2f", indoorLocation.getScaledFloorplanY());
     final double seconds = System.nanoTime() / 1.0e9;
```

```
    final GeoPoint indoorGPS = indoorLocation.getGeoPoint();


    displayLocation.setText("["+indoorLocation.getLocationId()+"] "+indoorLocation.getLocationDescription());
    displayPosition.setText("(x="+x+", y="+y+")");
    displayPositionScaled.setText("Rx="+rel_x+", Ry="+rel_y);
    displayPositionOriginal.setText("Ox="+org_x+", Oy="+org_y);
    displayLatitud.setText("Lat " + String.format("%.10f", indoorLocation.getLatitude()));
    displayLongitud.setText("Lon "+ String.format("%.10f", indoorLocation.getLongitude()));
    displayPositionPixels.setText(String.format(" (x=%.2fpx, y=%.2fpx)", indoorLocation.getFloorplanX(),
indoorLocation.getFloorplanY()));
    displayTimestamp.setText(String.format("%.2f", seconds));
    displayAccuracy.setText(String.format("%.2fm (%.2fpx)", indoorLocation.getAccuracy(),
indoorLocation.getAccuracyPixels()));
    displayConfidence.setText(String.format("%.2f", indoorLocation.getOnFloorConfidence()));
    displayGeoPoint.setText(indoorGPS.toString());
  }
```

El layout de la vista associada a la classe, cc_dades_basiques.xml, està implementat en base a un *TableLayout* on cada registre conté dos TextView organitzades horitzontalment, a la primera es mostra el nom de la dada i a la segona el valor recuperat a updateDisplay des del indoorLocation.

6.2.5 Visualització sensors del telèfon - ACompass

Els dispositius mòbils porten integrats una sensors mesuren l'orientació, el moviment i altres condicions del medi en que es troba el dispositiu. Android suporta tres tipologies de sensors:

- Sensors de moviment, que mesuren acceleració i rotació als tres eixos de l'espai. Inclouen els acceleròmetres, sensors gravitatoris, giroscopis i sensors de rotació vectorial.
- Sensors de entorn, que mesuren temperatura, pressió atmosfèrica, il·luminació i humitat. Inclouen baròmetres, fotòmetres i termòmetres.
- Sensors de posició que mesuren la posició física del dispositiu. Inclouen sensors d'orientació, magnetòmetres, GPS.

Es pot accedir a la informació dels sensors utilitzant el Framework sensor d'Android, que proporciona diverses classes i interfases per conèixer els sensors disponibles, les seves característiques, obtenir-ne les dades i registrar i alliberar un listener que detecti els canvis del sensor.

La classe ACompass és una activitat que accedeix als sensors del telèfon mitjançant un SensorManager i verifica si estan disponibles els de tipus orientació:

```
mySensorManager = (SensorManager)getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
List<Sensor> mySensors = mySensorManager.getSensorList(Sensor.TYPE_ORIENTATION);
```

```
if(mySensors.size() > 0){
     mySensorManager.registerListener(mySensorEventListener, mySensors.get(0),
            SensorManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);
     sersorrunning = true;
     DadesComuns.longToast(this, "Iniciar sensor ORIENTATION");;
}else{
     DadesComuns.longToast(this, "No hi ha sensor ORIENTATION");;
     sersorrunning = false;
     finish();
}
```

Si ho estan rep les actualitzacions i les tracta amb el mètode onSensorChanged:

```
public void onSensorChanged(SensorEvent event) {

        //event.values[0] conté el azimuth
        //event.values[1] conté el pitch
        //event.values[2] conté el roll

         myCompassView.updateDirection((float)event.values[0]);

         textviewAzimuth.setText("Azimuth: " + String.valueOf(event.values[0]));
         textviewPitch.setText("Inclinacio (Pitch): " + String.valueOf(event.values[1]));
         textviewRoll.setText("Rotació (Roll): " + String.valueOf(event.values[2]));
}
```

Per la visualització de la brúixola s'utilitza una classe que dibuixa la vista des de Java, la classe ACompassView, que és una extensió de View.

Els canvis dels camps textuals i els canvis de la brúixola dibuixada es realitzen sobre la mateixa vista, definida pel layout cc_compassview.xml . La zona on es vol dibuixar la brúixola es defineix al LinearLayout que és la base de la vista com una view associada a una classe, d'aquesta manera s'indica que serà la classe l'encarregada de fer les actualitzacions de la view. Es l'única definida a l'aplicació:

```
        <view
               class="com.wifislam.psm.ACompassView"
               android:id="@+id/compassview"
               android:layout_width="fill_parent"
               android:layout_height="fill_parent"
        />
```

La classe ACompasView realitza els càlculs matemàtics per determinar les figures a dibuixar i desprès les traspassa a la vista amb les instruccions de drawLine, drawCircle, drawRect i drawText. Cal controlar els conceptes geomètrics implicats ja que tota la gestió queda en mans del programador.

6.2.6 Implementació de funcions de gestió de posicionament - MapViewActivity

La Navegació sobre plànol s'implementa amb la classe MapViewActivity. Aquesta activitat es declara al AndroidManifest.xml amb un intent-filter amb paràmetres estàndard action VIEW i category DEFAULT.

```
        <activity
            android:label="Navegacio sobre Planol"
            android:name="com.wifislam.psm.MapViewActivity"
            >
            <intent-filter >
                <action android:name=".android.intent.action.VIEW"/>
                <category android:name="android.intent.category.DEFAULT"/>
            </intent-filter>
        </activity>
```

L'activitat pot rebre paràmetres en el cas de que l'usuari hagi seleccionat un destí pel càlcul de distàncies. Aquesta possibilitat es gestiona en el onCreate mitjançant la comprovació i recollida d'informació afegida a l'intent de forma similar a com es realitza al *onActivityResult del* CentreComercialBase.

MapViewActivity recull el indoorLocationManager creat al singleton i finalitza les accions per rebre actualitzacions de posició:

- Crea un indoorLocaltionListener i el vincula a la sol·licitud d'actualitzacions.
- Crea un startupProgressListener i el vincula a la petició d'informació sobre els avenços en el procés d'arrencada de la localització.
- Crea una IndoorLocationView per rebre la vista de la posició sobre plànol i la vincula a la posició de layout on es visualitzarà.
- Inicia el localitzador i deixa l'activitat preparada per rebre actualitzacions de posició.

La vista associada, cc_aplicacio_mapview.xml està definida en base a un *LinearLayout* amb tres àrees organitzades verticalment: superior, mitja i inferior

L'àrea superior conté un grup de tres botons distribuïts horitzontalment. Per realitzar una distribució homogènia que farceixi tot l'espai disponible cal definir els botons indicant els paràmetres:

```
                android:layout_width="0dp"
                android:layout_weight="1"
```

El primer botó dona accés a "Vull anar" i funciona de forma equivalent al botó "Vull anar" de CentreComercialBase. Es una crida a l'activitat amb la modalitat de **startActivityForResult** i el retorn de les dades es gestiona al mètode onActivityResult de la classe MapActivityView.

El segon botó permet centrar a l'usuari la vista de navegació. El seguiment de l'usuari al plànol es perd quan es redimensiona la vista fent zoom per tenir més o menys detall. El seguiment de

l'usuari es realitza indicant a la indoorLocationView que es centri en l'usuari de forma automàtica:

```
        //Quan es pitja el boto per seguir l'usuari el plànol es centra a la posició estimada de
l'usuari.
        ((Button)findViewById(R.id.button_centrar)).setOnClickListener(new OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View v) {
                indoorLocationView.autoCenterOnUser(true);
            }
        });
```

El tercer botó surt de l'activitat indicant que ja no es desitja rebre actualitzacions de posició i aturant els listeners.

L'àrea inferior correspon a la vista del mapa de navegació que proporciona i gestiona WiFiSLAM.

L' àrea mitja mostra informació en format text. Quan es detecta un canvi a la localització mitjançant l'event onIndoorLocationChanged del IndoorLocationListener es crida a l'actualització de dades passant com a paràmetre el indoorLocation rebut. L'actualització de paràmetres es similar a la que es duu a terme a DadesBasiques, però sols s'actualitzen els camps necessaris per les proves de l'aplicació.

Si no s'ha escollit cap destí pel càlcul de distàncies la darrera línia de la zona mitja mostra el missatge "Sense càlcul de distàncies". En el cas de que s'hagi escollit un destí, es aquí on es crida al càlcul de distàncies prenent com a paràmetres la latitud i longitud dels punts origen (la localització actual) i destí. Una vegada realitzat el càlcul es mostra el resultat per pantalla:

```
//Si tenim informat l'origen de distàncies es calcula i es mostra el valor
if (origenDistancia != null){
     d = distancia(origenLatitud, origenLongitud, origenAltura,
                        indoorLocation.getLatitude(), indoorLocation.getLongitude(), 0);
     displayDistancia.setText("Distancia a " + origenDistancia + " : " +
String.format("%.1f", d));
} else displayDistancia.setText("Sense calcul de distancies");
```

El càlcul de distàncies s'ha incorporat com a mètode dintre de la classe (veure punt 6.3). Es podria haver definit separadament, però no s'ha estimat que en aquest cas aportes cap avantatge.

6.2.7 Integració amb GoogleMaps i limitacions - VisualitzarGoogleOverlay

En els apartats anteriors s'ha definit els prerequisits per poder utilitzar Google Maps: obtenir una API KEY, incloure una API Android compatible amb Google Maps en la versió indicada per WiFiSLAM i incloure el requeriment al Manifest de l'aplicació.

Des del punt de vista de WiFiSLAM per obtenir una vista amb superposició GoogleMaps cal indicar-ho afegint la GoogleMaps APIKEY com paràmetre en invocar la creació de la vista a través de la que WiFiSLAM proporciona imatges de la posició.

```
indoorLocationView = indoorLocationManager.createLocationView(this, DadesComuns.GOOGLE_MAPS_API_KEY);
```

També cal incorporar a la classe la funció isRouteDisplayed. Aquesta funció és un requeriment de Google ja l'utilitza per determinar si s'està utilitzant GoogleMaps per mostrar una ruta o no. Si es mostren rutes basades en GoogleMaps sense un acord previ es poden incorre en penalitzacions. En el nostre cas sols estem proporcionant informació visual de posició i qualsevol potencial càlcul de ruta es faria sobre WiFiSLAM, així que s'informa a fals.

```
protected boolean isRouteDisplayed() {    return false; }
```

A la imatge proporcionada per WiFiSLAM es visualitza:

Il·lustració 29: Visualització Google Maps

- Si el plànol original es massa petit i sobrepassa el zoom màxim de GoogleMaps el fons apareix negre.
- Si s'ajusta la dimensió a un detall menor allunyant el focus apareix la imatge de GoogleMaps sota el plànol original.
- No es difumina el plànol, així que l'efecte aconseguit no es gaire bo.

- Com a millora s'hauria de poder escollir l'opció de donar transparència a la superposició.

En aquest cas no s'han integrat en aquesta funció les opcions desenvolupades per la vista bàsica, però la integració no presenta una dificultat tècnica rellevant.

6.3 Implementació de la funció de càlcul de distàncies a un destí

Les potencials destinacions per les que es poden obtenir la distància, amb la posició presa a la porta de l'establiment son, en coordenades ETRS89:

Lloc	Planta	Longitud	Latitud	Alçada sobre el nivell del mar (segons ICC)
FNAC	Soterrani	2.136468	41.390035	55,4m
Corte Inglés	Planta 1	2.136468	41.390035	61.4+x
Decathlon	Planta 0	2.133341	41.389310	61,4
Caprabo	Soterrani	2.134424	41.389480	55,7

Il·lustració 30: Taula de Destins incorporats

La llista podria ampliar-se per tal de disposar de més indrets rellevants com a destí. Per cada indret a afegir s'haurien de determinar les seves coordenades de referència i afegir-lo a l'estructura de dades generada a la classe SelectorDesti per contenir els noms i les coordenades de les potencials destinacions.

També s'hauria d'incorporar la nova opció al la llista que mostra el desplegable de selecció definit per tal que pugui ser escollit. En cas de que es gestionés un nombre elevat d'establiments caldria definir una base de dades SQLitle per tal de gestionar-la.

Es pot seleccionar un destí potencial des de dos punts de l'aplicació: des del Menú d'opcions del Centre Comercial i des de la pantalla de Navegació Sobre Plànol. Això va portar a que el selector de destins s'implementi com una classe independent que pot ser cridada des de qualsevol punt amb la modalitat de "start for response", iniciar per obtenir una resposta.

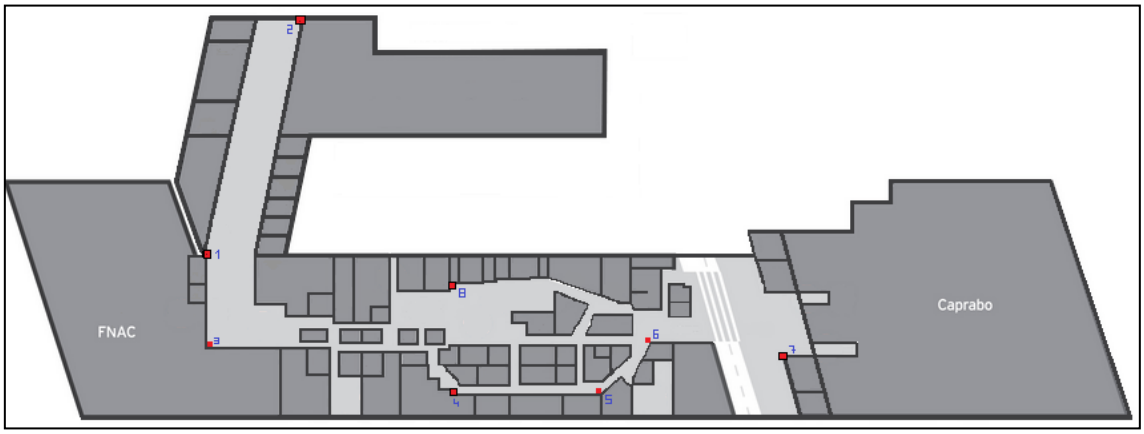
El càlcul de la distància es du a terme exclusivament des de la classe MapViewActivity i sols si existeix una destinació seleccionada. El càlcul es realitza mitjançant l' implementació en Java de l'equació indicada a l'apartat 5.3 Disseny de funcions. El mètode queda:

```
      public int distancia (double lat1, double lon1, double alt1,  double
lat2, double lon2, double alt2){
                    double dist = 0.0;
                    int distToInt = 0;
                    double theta = lon1 - lon2;
```

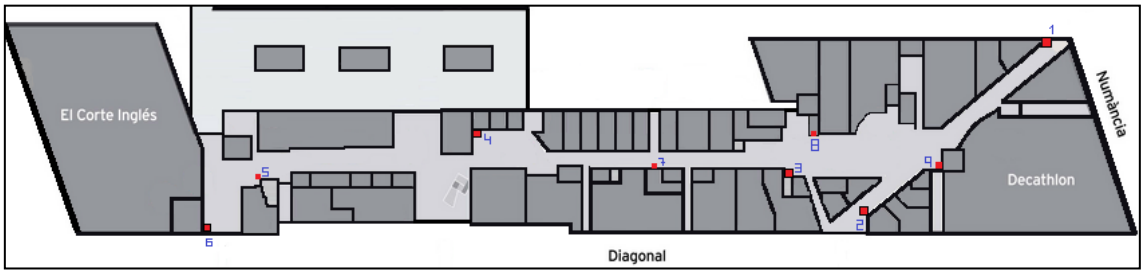
```
                    dist = Math.sin(deg2rad(lat1)) * Math.sin(deg2rad(lat2)) +
Math.cos(deg2rad(lat1)) * Math.cos(deg2rad(lat2)) * Math.cos(deg2rad(theta));
                    dist = Math.acos(dist);
                    dist = rad2deg(dist);
                    dist = dist * 60.0 * 1.1515 * 1.609344 *1000; // metres
                    distToInt = (int) dist;
                    return distToInt;
            }

      private double deg2rad(double deg) {
                return (deg * Math.PI / 180.0);     }

      private double rad2deg(double rad) {
                return (rad * 180.0 / Math.PI);     }
```

6.4 Càlcul d'errors

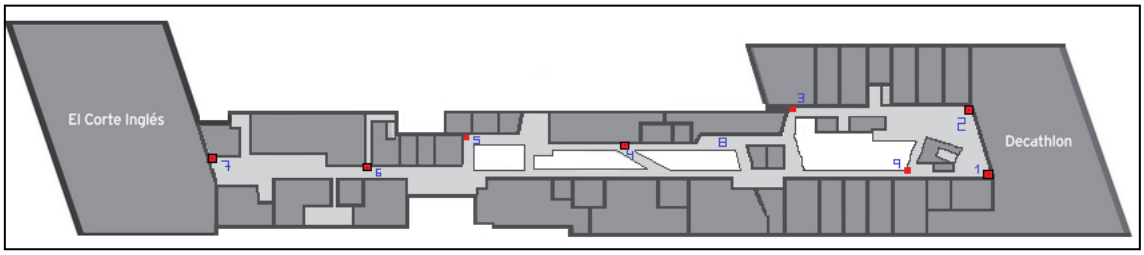
Pel càlcul dels errors es van seleccionar entre 8 i 9 punts representatius per planta ubicats a indrets singular fàcilment localitzables. S'indica amb un punt vermell sobre cada plànol del centre comercial els llocs singulars seleccionats:



Il·lustració 31: Punts de lectura Planta Soterrani



Il·lustració 32: Punts de lectura Planta 0



Il·lustració 33: Punts de lectura Planta 1

Les posicions teòriques en coordenades (X,Y) mesurades directament en píxels sobre els plànols originals que s'assignen a cada cas són:

Planta	Punt	X Original Píxel	Y Original Píxel
Planta 0	P01	780	131
Planta 0	P02	645	259
Planta 0	P03	586	231
Planta 0	P04	353	198
Planta 0	P05	215	228
Planta 0	P06	152	271
Planta 0	P07	488	223
Planta 0	P08	605	200
Planta 0	P09	700	224
Planta 1	P11	741	188
Planta 1	P12	725	138
Planta 1	P13	591	138
Planta 1	P14	476	165
Planta 1	P15	347	158
Planta 1	P16	275	181
Planta 1	P17	157	175
Planta 1	P18	525	158
Planta 1	P19	679	185
Planta S	PS1	159	206
Planta S	PS2	229	29
Planta S	PS3	159	274
Planta S	PS4	344	309
Planta S	PS5	455	309
Planta S	PS6	491	271
Planta S	PS7	591	280
Planta S	PS8	340	228

Il·lustració 34: Taula de Punts de lectura

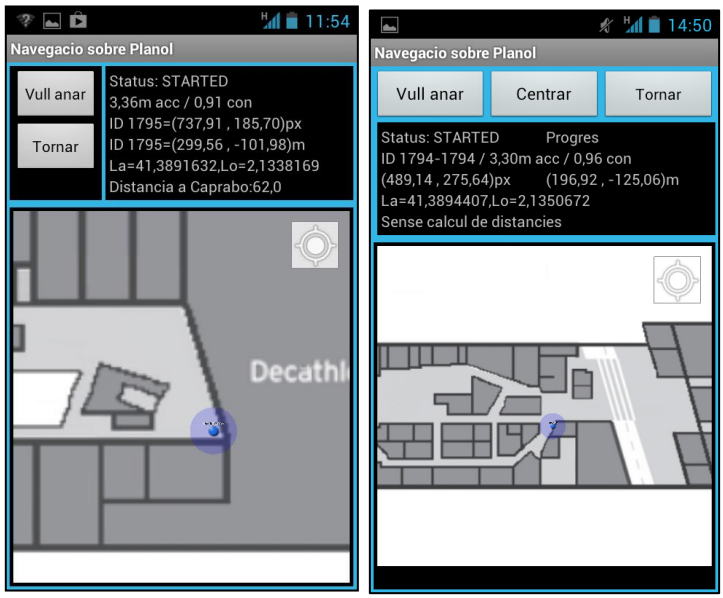
S'ha de tenir en compte que la posició teòrica sobre plànol pot no coincidir amb la posició real al Centre Comercial dels punts seleccionats. El grau de similitud ve donat per l'exactitud i precisió dels plànols utilitzats. La influencia de la precisió dels plànols excedeix l'abast d'aquest

projecte, així que s'ha optat per no considerar-la i intentar acotar l'efecte fent servir punts de lectura que també es van utilitzar durant el procés de cal·libració.

Es van recollir lectures de cada punt en tres recorreguts realitzats en dies diferents. Durant cada recorregut es van recollir 3 lectures per punt. En alguns casos no totes les lectures es van recollir correctament, així que es va realitzar un darrer recorregut per assolir les 12 lectures per punt (veure justificació a l'apartat 9.1)

Cada lectura es va prendre seguint el mateix protocol:

1. Inicialment:
   - Obrir l'aplicació CentreComercial.
   - Escollir la planta a recórrer per recollir mides.
   - Deixar passar 2 minuts mentre el sistema verifica que té els plànols disponibles i realitza el primer posicionament. Si els plànols estan disponibles triga uns 30.



Il·lustració 35: Versions 1 i 2 de Navegació sobre plànol

2. Per cada punt de la planta:
   - Caminar cap al punt escollit.
   - Situar-se al punt escollit.
   - Deixar passar 10 segons per intentar establir un temps de relaxació de WiFiSLAM com a instrument.
   - Prendre una imatge de la pantalla del telèfon amb la vista de Navegació sobre plànol amb la lectura visible.
   - Caminar cap a la següent ubicació.

3. Una vegada recorreguts els punts de la planta el nombre desitjat de vegades, canviar de planta i tornar a començar.

Les lectures recollides proporcionen una sèrie de dades que es complementen amb informació auxiliar, com la posició real del punt sobre el plànol. Les dades disponibles per cada lectura són:

Dades	Descripció	Exemple
N	Número de mida	1
Fecha	Data de la mida	D1
Punto	Punt analitzat	P01
Exactitud	Exactitud en m WiFiSLAM	2,56
On-floor	% de confiança de que ens trobem sobre el terra	0,92
Xpixels	Coordenada X en pixels sobre el plànol original	762,16
Ypixels	Coordenada Y en pixels sobre el plànol original	156,06
Xm	Coordenada X en metres calculada per WiFiSLAM	284
Ym	Coordenada Y en metres calculada per WiFiSLAM	-81,44
Lat	Latitud calculada	41,3889211
Long	Longitud calculada	2,1340562
X org.	Coordenada X original del punt en pixels	780
Y org	Coordenada Y original del punt en pixels	131
X m/pixel	Relació d'aspecte m/pixel en l'eix X segons WiFiSLAM	0,37
Y m/pixel	Relació d'aspecte en m/pixel en l'eix Y segons WiFiSLAM	-0,52
Xdif	$X_{original} - X_{lectura}$ en pixels	17,84
Ydif	$Y_{original} - Y_{lectura}$ en pixels	25,06
Xm-dif	$X_{original} - X_{lectura}$ en metres	6,65
Ym-dif	$Y_{original} - Y_{lectura}$ en metres	13,08
Distancia	Estimació de distancia entre la posició original i la mesurada (metres)	14,67

Il·lustració 36: Taula de dades recollides i calculades per lectura

Degut al volum i la tipologia del tractament a realitzar sobre les dades finalment es va desestimar implementar una funció que realitzes el tractament en temps real i es va optar per una anàlisi posterior (Veure capítol 7).

7 Anàlisi de resultats

L'anàlisi de resultats s'ha dividit en tres apartats: el procés de cal·libració de WiFiSLAM, el funcionament de l'aplicació desenvolupada i l'anàlisi estadístic de les dades recollides durant les proves de posicionament dutes a terme al Centre Comercial.

7.1 Consideracions al procés de Cal·libració

Durant la fase inicial del projecte relativa al procés d'incorporació d'una localització a WiFiSLAM i la seva cal·libració es van detectar mancances en diversos àmbits.

Qualitat dels plànols utilitzats

WiFiSLAM pot treballar a partir de plànols poc acurats de les localitzacions. La inexactitud dels plànols pel que fa a les dimensions reals, els obstacles presents, les zones no transitables degut a la presència d'elements de comunicació entre plantes (escales, escales mecàniques, rampes) i d'altres llicències recollides als plànols comercials dificulten el procés de cal·libració i incorporen errors al model de distribució de les WiFi.

Per tal de limitar-los seria desitjable disposar a WiFiSLAM de la possibilitat d'afegir altre capa, a banda del plànol que es mostrarà als usuaris i de les capes d'accessibilitat. Aquesta capa hauria de ser un plànol el més detallat possible amb un grid de punts de cal·libració (similar als punts d'una xarxa geodèsica) acompanyat de la seva ubicació precisa sobre plànol original, incloent informació de referència pels establiments.

Si també fos possible marcar o identificar físicament al Centre Comercial els punts de cal·libració definits es podria garantir una recollida de dades amb errors mínims. Aquest requeriment és pot assolir als museus aprofitant els punts definits per les àudio guies.

Aquesta sembla ser l'opció que WiFiSLAM està treballat amb la seva nova eina FootPrint (Decembre 2012).

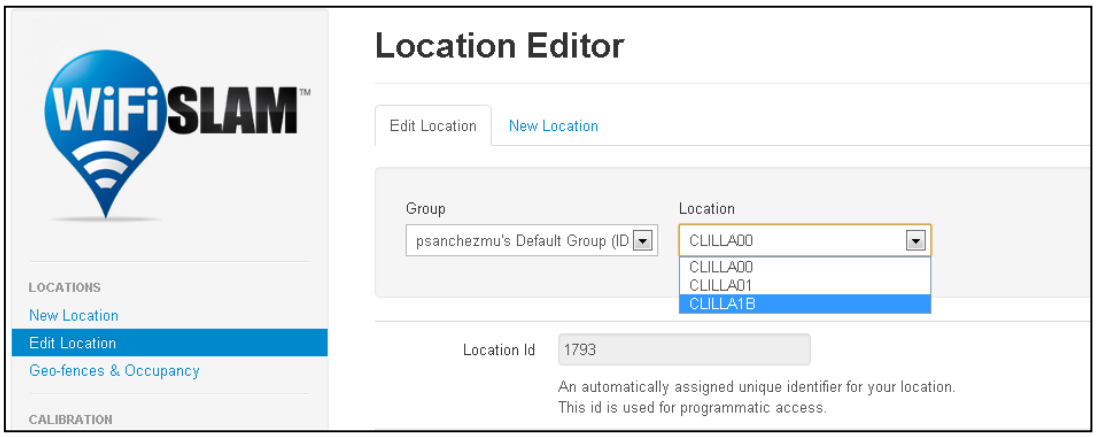
Procés de cal·libració

El requeriment de la cal·libració s'ha de realitzar caminant en línia recta a velocitat constant és incompatible amb l'ús quotidià d'un espai públic concorregut. En una aplicació comercial per un centre comercial o museu s'hauria de fer la cal·libració fora de l'horari d'obertura al públic.

El paràmetre de velocitat constant sols afecta a cada presa de dades. Encara que diverses persones realitzin tasques de cal·libració caminant a diferents velocitats en tractar-se de "Mapping runs" diferents no tindria influència en la precisió del resultat.

Edificis Multiplanta

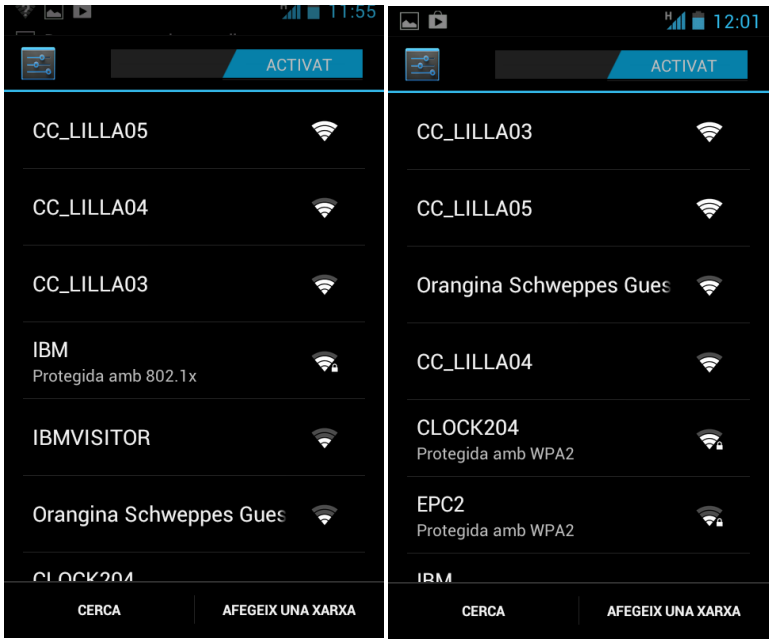
Com a requeriment per treballar amb un edifici multi-planta WiFiSLAM sols defineix que cal cal·librar cada planta independentment i després agrupar-les totes sobra un mateix grup. En el cas de la Illa tenim un Grup i tres Localitzacions:



Il·lustració 37: Grup i Localitzacions de l'Illa a WiFiSLAM

Sense comptar amb el pàrking, l'Illa Diagonal té una arquitectura amb espais a l'aire lliure, diferencies de nivell del terra a zones de la mateixa planta, zones de connexió visual entre plantes on no hi ha obstacles per la propagació de les senyals de WiFi d'una planta a un altre.

Encara que per poder aprofundir caldria examinar els Access Point presents, la informació de les WiFi presents ja ens dona pistes. Per exemple a la zona Decathlon (P1 i P2) les WiFi presents són pràcticament les mateixes i l'ordre de prelació assignat pel telèfon a les WiFi de una potencia semblant canvia en captures consecutives:



Il·lustració 38: WiFi presents en dues plantes superposades

Aquesta situació fa que el mecanisme de WiFiSLAM per detectar el canvi de planta no funcioni en la majoria dels casos.

Dependència de l'estabilitat de les WiFi i els AP presents

Com s'ha comentat, la qualitat del posicionament depèn de que les condicions presents durant el mateix siguin el més semblants possibles a les condicions sota les que es realitzen les tasques de cal·libració.

Aquesta dependència és un inconvenient per una aplicació comercial on no es puguin controlar aquestes condicions.

En el cas de l'Illa Diagonal, a banda de les WiFi del Centre es pot verificar la presència de WiFi corporatives de les empreses situades a les plantes superiors i de WiFi dels establiments comercials. Per evitar que variacions en aquestes WiFi influeixin en el posicionament s'hauria de renovar periòdicament la informació de cal·libració del sistema.

7.2 Consideracions al funcionament integrat de l'aplicació

Requeriments d'espai al dispositiu mòbil

Una vegada instal·lada i en funcionament l'aplicació, WiFiSLAM genera per defecte un arbre de directoris a Android → data → [package aplicació] → files

Hi ha un primer directori on WiFiSLAM es descarrega plànols, paràmetres i altres elements necessaris per mostrar la navegació sobre plànol amb una certa velocitat.

La primera vegada que s'arrenca l'aplicació després de la instal·lació hi ha un temps de preparació durant el qual es generen aquests directoris. Aquest temps de preparació depèn no sols de WiFiSLAM si no del dispositiu i de l'ample de banda contractat.

Per una aplicació que treballi amb un sol grup de localitzacions s'ha de considerar que el requeriment d'espai vindrà donat per la mida dels plànols i altres components a descarregar. També s'ha de tenir present que l'eina emmagatzema plànols amb diversos nivells de detall.

Il·lustració 39: Arbre de directoris creat per l'eina

Durant la navegació WiFISLAM recull informació del telèfon en fitxers. Aquest fitxers no es netegen per defecte.

Encara que no s'activi la recollida de dades per enviar a WiFiSLAM informació dels sensors, l'eina genera igualment els directoris que es necessiten per dur a terme la tasca.

Si s'activa la recollida el volum d'informació que es pot desar dintre d'aquest directoris creix amb la navegació. En les primers proves realitzades aquesta acumulació de dades va provocar problemes d'espai al dispositiu.

Puntualment s'ha detectat que si es produeix un error durant el procés de baixada dels plànols i creació dels directoris WiFiSLAM no sembla capaç de recuperar-se de la situació i l'aplicació deixa de funcionar correctament.

L'efecte es detecta per que el sistema no sembla capaç de donar una localització, però revisant els logs que es generen es pot veure que el sistema està intentant accedir infructuosament a alguns dels fitxers que s'haurien d'haver descarregat per la localització específica on s'ha produït el problema.

Aquest comportament s'hauria de controlar i corregir per una aplicació comercial.

Temps d'espera abans de la primera localització

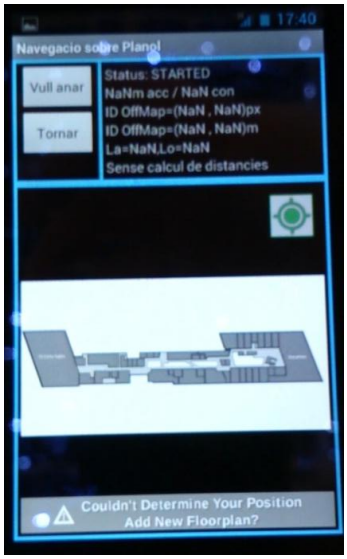
Com ja s'ha comentat el temps d'espera entre la selecció d'una localització i la primera localtización oscil·la entre els 30' i els 2 minuts.

Inicialment WiFiSLAM posiciona a l'usuari al punt central del plànol de la localització. Una vegada calculada la posició a partir de les WiFi i els AP visibles, mou l'icona de localització al punt estimat i redueix l'accuracy, visualitzada com un halo blau al voltant del punt que representa l'usuari. Visualment l'efecte es:

Il·lustració 40: L'efecte zoom

Aquest temps d'espera pot ser un impediment per l'acceptació d'una aplicació comercial. Es podria reduir si amb el paquet d'instal·lació fos possible incloure directament els plànols de la localització en un format proporcionat per WiFiSLAM. D'aquesta manera hauria prou amb verificar que són els vigents i començar amb el posicionament.

En el procés d'inici també es comú obtenir el missatge adjunt:



"No és possible determinar la seva posició. ¿Vol afegir un nou plànol?"

Aquest missatge no hauria d'aparèixer en una aplicació comercial. S'hauria de provar que amb una aplicació real es pot eliminar aquest efecte.

Periòdicament també s'obté el missatge "Here will be Dragons!", una frase emprada per indicar que ha succeït quelcom perillós o inexplicable, encara que en segons l'aplicació posicioni correctament.

Il·lustració 41: Exemple d'error obtingut

Fluctuacions en el posicionament

Quan l'usuari es deté, WiFiSLAM té tendència a fer fluctuar la seva posició al voltant del punt on s'ha aturat. Inicialment es va pensar que es projectava una possible ruta en funció de la velocitat i la direcció prèvies, però l'efecte es produeix independentment del temps que es porta aturat.

Quan es camina, WiFiSLAM augmenta el valor de l'accuracy , visualitzat a la pantalla com un halo blau clar més gran al voltant del punt blau que representa l'usuari. Aquest halo augmenta de mida si s'incrementa la velocitat de desplaçament. Si es corre, l'eina segueix el trajecte amb retard. Aquest efecte no seria rellevant en una aplicació per un centre comercial o un museu ja que s'espera que els usuaris caminin.

Periòdicament WiFiSLAM sembla no ser capaç de calcular una nova posició. En aquests casos la posició de l'usuari fluctua sobre la darrera informació vàlida fins que súbitament es desplaça en línia recta cap a la nova localització calculada. Quan succeeix això el desplaçament pot travessar àrees definides com no accessibles als plànols d'accessibilitat. Aquest efecte s'ha detectat tant en zones àmpliament cal·librades com en zones intermèdies de pas.

S'ha de recordar que WiFiSLAM assegura que en espais amplis i diàfans es suficient amb cal·librar el perímetre per que el seu model de distribució por interpolar el mapa de senyal estimat per les zones centrals.

Funcionament del canvi de planta

En les proves realitzades no s'ha aconseguit un funcionament estable i correcte del canvi de planta de forma estable.

En àrees obertes l'eina no és capaç de determinar la planta on està situat l'usuari. Pot assignar una planta diferent, encara que amb un nivell de accuracy i on-floor-confidence variables.

En àrees de sostre continu , com la planta soterrani zona FNAC, pot arribar a determinar la situació real desprès d'uns minuts, però no es pot garantir que si es deixa passar suficient temps WiFiSLAM aconsegueix una posició correcta.

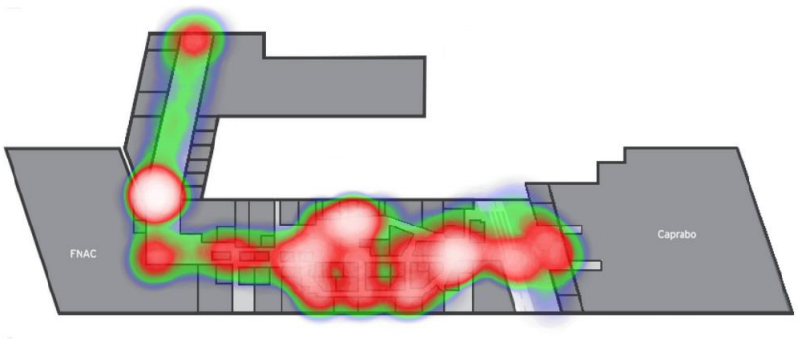
S'haurien de realitzar proves amb una localització que tingui una arquitectura més convencional o que cobreixi un àrea menys extensa per establir si es tracta d'un efecte derivat de l'arquitectura oberta del centre, del volum de les dades que WiFiSLAM ha de contrastar degut a la mida del centre, de la precisió del telèfon o d'una combinació dels factors anteriors.

Informació disponible al Web de WiFiSLAM

El web de WiFiSLAM proporciona informació analítica derivada de les dades recollides durant el procés de cal·libració i del posicionament dels usuaris.

Aquesta informació pot ser rellevant pels gestors d'un centre o museu. En un museu substituint les àudio guies actuals per dispositius dotats amb WiFiSALM seria possible localitzar persones dintre de l'edifici, determinar quines són les àrees i punts més visitats, estudiar les rutes de desplaçament que escullen els usuaris i controlar el volum d'usuaris presents al recinte.

Per exemple, en el cas del centre comercial, es possible determinar on són els punts de lectura i les zones de pas sols mitjançant l'anàlisi dels "Heatmaps" WiFiSLAM



Il·lustració 42: HeatMap de la Planta Soterrani

7.3 Anàlisi de l'error teòric i experimental

Calculant punt a punt la mitjana del valor de les lectures de les coordenades (x,y) en píxels, l'error de la mesura per cada coordenada en píxels i la desviació estàndard en píxels per cada cas tenim:

		Mitjana en pixels		Desviació Estàndard		Error Mesura en Pixels	
Punt	N per Punt	< Xpx>	< Ypx>	σ Xpx	σ Ypx	σ_d Xpx	σ_d Ypx
P01	12	781,6	136,5	9,8	9,5	2,8	2,7
P02	12	638,9	255,6	4,6	1,4	1,3	0,4
P03	12	587,2	223,8	3,6	2,6	1,1	0,8
P04	12	352,7	204,7	2,8	2,4	0,8	0,7
P05	12	210,2	229,3	6,7	0,9	1,9	0,3
P06	11	156,0	270,5	0,7	1,0	0,2	0,3
P07	12	514,7	223,5	2,3	1,4	0,7	0,4
P08	12	610,9	204,8	2,1	3,1	0,6	0,9
P09	12	696,0	221,1	2,5	0,8	0,7	0,2
P11	12	738,8	185,6	1,5	0,5	0,4	0,1
P12	12	720,9	139,9	3,7	0,6	1,1	0,2
P13	12	592,1	143,2	1,0	2,6	0,3	0,7
P14	12	473,7	170,4	8,9	4,9	2,6	1,4
P15	12	349,9	163,5	0,8	2,5	0,2	0,7
P16	12	275,7	175,2	1,0	6,4	0,3	1,9
P17	12	161,5	180,4	2,2	1,9	0,6	0,5
P18	12	528,1	159,0	6,2	4,2	1,8	1,2
P19	12	675,2	186,3	3,2	0,9	0,9	0,2
PS1	12	169,7	198,7	6,0	8,8	1,7	2,5
PS2	12	205,2	28,6	5,8	1,5	1,7	0,4
PS3	12	164,3	268,2	4,9	3,4	1,4	1,0
PS4	12	340,3	305,4	2,6	3,9	0,7	1,1
PS5	12	449,2	305,4	7,3	1,7	2,1	0,5
PS6	12	484,1	272,0	6,0	3,3	1,7	0,9
PS7	12	587,8	271,8	3,0	8,5	0,9	2,5
PS8	12	346,1	235,8	2,7	0,4	0,8	0,1

Il·lustració 43: Mitjanes, Errors i Desviacions Estàndard en Píxels

Per poder tenir una dada que sigui més fàcilment interpretable des del punt de vista humà es repeteixen els mateixos càlculs per les coordenades en metres que proporciona WiFiSLAM. Calculant la mitjana, la desviació estàndard i l'error de la mida obtenim:

		Mitjana en metres		Desviació Estàndard		Error Mesura en metres	
Punt	N per Punt	< Xm>	<Ym>	σ Xm	σ Ym	σ_d Xm	σ_d Ym
P01	12	291,2	-74,1	3,7	3,6	1,1	1,0
P02	12	238,1	-118,5	1,7	0,5	0,5	0,1
P03	12	218,8	-106,7	1,4	1,0	0,4	0,3

		Mitjana en metres		Desviació Estàndard		Error Mesura en metres	
Punt	N per Punt	< Xm>	<Ym>	σ Xm	σ Ym	σ_d Xm	σ_d Ym
P04	12	131,4	-99,6	1,1	0,9	0,3	0,3
P05	12	78,3	-108,7	2,5	0,4	0,7	0,1
P06	11	58,1	-124,1	0,3	0,4	0,1	0,1
P07	12	191,8	-106,6	0,9	0,5	0,3	0,2
P08	12	227,6	-99,6	0,8	1,1	0,2	0,3
P09	12	259,3	-105,7	0,9	0,3	0,3	0,1
P11	12	299,9	-101,9	0,6	0,2	0,2	0,1
P12	12	292,7	-83,4	1,5	0,2	0,4	0,1
P13	12	240,4	-84,7	0,4	1,0	0,1	0,3
P14	12	192,3	-95,8	3,6	2,0	1,0	0,6
P15	12	142,0	-92,9	0,3	1,0	0,1	0,3
P16	12	111,9	-97,7	0,4	2,6	0,1	0,8
P17	12	65,5	-99,8	0,9	0,8	0,3	0,2
P18	12	214,6	-91,1	2,6	1,7	0,7	0,5
P19	12	274,1	-102,2	1,3	0,3	0,4	0,1
PS1	12	68,3	-93,4	2,4	2,3	0,7	0,7
PS2	12	82,6	-25,6	2,4	0,6	0,7	0,2
PS3	12	66,2	-122,1	2,0	1,4	0,6	0,4
PS4	12	137,0	-139,5	1,0	8,5	0,3	2,4
PS5	12	180,8	-137,0	2,9	0,7	0,8	0,2
PS6	12	195,0	-123,9	2,4	1,5	0,7	0,4
PS7	12	236,6	-123,5	1,2	3,4	0,4	1,0
PS8	12	139,3	-109,0	1,1	0,2	0,3	0,0

Il·lustració 44: Mitjanes, Errors i Desviacions Estàndard en metres

L'error de la mida es troba entre 0 i 1 metres segons X i entre 0 i 2,5 metres segons Y

	Error Mesura en Pixels		Error Mesura en metres	
	σ_d Xpx	σ_d Ypx	σ_d Xm	σ_d Ym
Maxim	2,84	2,75	1,06	2,44
Minim	0,21	0,12	0,08	0,05

Il·lustració 45: Resum d'errors de mesura

Per saber quina és la confiança de que les mesures estiguin al voltant de la mitjana trobada cal analitzar la desviació estàndard no l'error de la mida. La desviació estàndard ens indica la confiança de que donada la mitjana i en circumstàncies equivalents de lectura el 68% dels valors mesurats es trobaran situats a l' interval (mitjana - σ, mitjana + σ), un 95,4% estaran a l' interval mitjana ± 2σ i un 99,7% al mitjana ± 3σ.

Considerem que per un posicionament útil hauríem de poder garantir que en un 95% dels casos tenim acotada la posició de l'usuari. Si es així s'hauria de considerar el valor de 2σ com a mida de la precisió.

Si s'examinen les dades per planta i s'agafa el millor i el pitjor dels casos trobats per cada planta, tenim que els valors de la desviació estàndard i els intervals de confiança queden:

	min σ Xm	2σ Xm	3σ Xm
Planta 0	0,26	0,53	0,79
Planta 1	0,31	0,62	0,93
Planta S	1,04	2,08	3,13

	max σ Xm	$2\sigma_d$ Xm	3σ Xm
Planta 0	3,67	7,34	11,01
Planta 1	3,62	7,23	10,85
Planta S	2,94	5,89	8,83

	min σ Ym	2σ Ym	3σ Ym
Planta 0	0,28	0,56	0,84
Planta 1	0,20	0,40	0,60
Planta S	0,16	0,32	0,48

	max σ Ym	2σ Ym	3σ Ym
Planta 0	3,58	7,15	10,73
Planta 1	2,61	5,21	7,82
Planta S	8,47	16,93	25,40

Il·lustració 46: Intervals de confiança

Mentre que en el millor dels casos podem pensar que les lectures trobades estan poc disperses i la precisió és alta, en les casos pitjors el valor de dispersió de 2σ té una cota superior de entre 5 i 8 metres segons X i entre 5 i 17 metres segons Y. La precisió es baixa.

Per una utilitat tipus centre comercial podria ser suficient, molt millor que el que proporcionen les aplicacions estàtiques actuals. Per un museu on es requereix un posicionament més precís per indicar a l'usuari les obres que té al davant l'opció WiFiSLAM no pot competir amb una àudio guia clàssica on l'usuari indica el punt on es troba.

Pel que fa a l'exactitud, per poder donar una cota de com de correcte és WiFiSLAM hem de contrastar la lectura obtinguda envers la localització real de cada punt. Això és possible donat que la posició de cada punt de referència sobre el plànol original és coneguda. Es pot calcular quina es la distància entre la posició proporcionada per WiFiSLAM i la posició teòrica que hauria de tenir el punt.

Calculant aquesta diferència (d) de posició en metres lineals amb un càlcul euclidià donada la magnitud de les distàncies amb que es treballa es pot obtenir:

Punt	n	<diferencia>	Desviació Estàndard	Error Mesura
P01	12,00	4,97	4,59	1,32
P02	12,00	2,94	1,51	0,44
P03	12,00	3,83	0,70	0,20
P04	12,00	3,47	0,96	0,28
P05	12,00	2,26	2,18	0,63
P06	11,00	1,53	0,33	0,10
P07	12,00	9,99	0,84	0,24
P08	12,00	3,52	0,69	0,20
P09	12,00	2,15	0,68	0,20
P11	12,00	1,68	0,43	0,13
P12	12,00	2,19	1,23	0,35
P13	12,00	3,16	1,46	0,42
P14	12,00	4,81	2,46	0,71
P15	12,00	3,35	1,33	0,39

Punt	n	<diferencia>	Desviació Estàndard	Error Mesura
P16	12,00	3,99	2,76	0,80
P17	12,00	3,66	0,65	0,19
P18	12,00	3,22	1,72	0,50
P19	12,00	1,89	1,07	0,31
PS1	12,00	6,76	2,49	0,72
PS2	12,00	9,68	2,33	0,67
PS3	12,00	3,97	1,31	0,38
PS4	12,00	2,65	1,47	0,43
PS5	12,00	3,47	2,22	0,64
PS6	12,00	3,24	2,29	0,66
PS7	12,00	4,20	3,87	1,12
PS8	12,00	4,43	0,65	0,19

Il·lustració 47: Posició real envers posició mesurada

Les dades indiquen que la dispersió de l'error de la posició calculat com la distància entre la posició real teòrica i la posició de la lectura i considerant 2σ com a interval de confiança és té:

	Mínim σ	Minim Error	2σ min	3σ min
Planta 0	0,33	0,10	0,67	1,00
Planta 1	0,43	0,13	0,87	1,30
Planta S	0,65	0,19	1,30	1,95

	Màxim σ	Màxim Error	2σ max	3σ max
Planta 0	4,59	1,32	**9,17**	13,76
Planta 1	2,76	0,80	5,52	8,28
Planta S	3,87	1,12	7,74	11,60

Il·lustració 48: Resum de diferències

En una localització poden estimar que fins i tot en el pitjor dels casos mesurats hi ha una confiança del 95,4% de que ens trobem en un radi de més de 9 metres de la posició real.

Aquesta amplitud ens indica que WiFiSLAM no és exacte, tal com em vist anteriorment que tampoc era precisa.

8 Conclusions del projecte

La proposta de WiFiSLAM pel posicionament Indoor requereix disposar de plànols de les localitzacions on es vol dur a terme el posicionament i realitzar un procés de cal·libració partint d'aquest on es recull informació de la intensitat del senyal dels punts d'accés de les WiFi presents a la zona. L'exactitud dels plànols té una influència directa en la qualitat de la cal·libració. Qualsevol canvi als punts d'accés WiFi presents limita o elimina la capacitat de WiFiSLAM d'estimar la posició, així que s'ha de preveure la necessitat de realitzar periòdicament recorreguts de cal·libració.

L' aplicació desenvolupada en base al SDK proporcionat per WiFiSLAM presenta problemes en la gestió de l'espai al dispositiu mòbil. La gestió de les descàrregues de mapes i dades des del Web de WiFiSLAM provoquen inestabilitat i incrementen el temps entre l'obertura de l'aplicació i la primera posició vàlida entre 30 segons i uns minuts, un temps elevat per una aplicació comercial.

El funcionament basat en l'accés a un servidor remot pels càlculs de posició fan s'apreciïn discontinuïtats en el funcionament. Els canvis de posició no són sempre fluïts, hi ha efectes de retard, oscil·lació i augment de la indeterminació quan WiFiSLAM no pot calcular prou ràpid la posició. Aquests efectes dificulten implementar un servei de navegació o proporcionar informació de l'entorn proper. Cal considerar l'efecte d'un increment massiu d'usuaris sobre el rendiment global de la solució.

En les proves realitzades WiFiSLAM té un comportament segons el descrit quan se l'indica la planta on es trobem. Quan s'activa el funcionament automàtic per un grup compost de diverses plantes no és capaç de detectar de manera fiable ni la planta on estem ni els canvis de planta. Possiblement d'arquitectura oberta del centre comercial escollit com a localització de les proves no presenta prou obstacles a la propagació del senyal dels punts d'accés WiFi d'una planta a un altre i fa que la signatura de senyal no sigui prou singular.

Sobre una localització correctament cal·librada la posició proporcionada per WiFiSLAM té una dispersió que varia en funció de la zona. En els casos pitjors el valor de dispersió de 2σ sobre l'error de la mesura té una cota superior de entre 5 i 8 metres segons l'eix X i entre 5 i 17 metres segons l'eix Y, que es considera una precisió baixa dins d'un edifici.

Contrastant les lectures de posició envers la posició teòrica sobre plànol, es pot comprovar que cal considerar un error de fins a 9m al voltant de la lectura per tal d'assolir una confiança del 95,4% de que hem acotat l'àrea de la posició real.

Tots aquests fets fan que la solució no sigui prou madura com per servir de base per aplicacions comercials amb un requeriments de precisió i exactitud alts, com és el cas dels museus.

Queden diversos aspectes pendents de futurs desenvolupaments:

- Comprovar el funcionament de l'aplicació sobre un grup de localitzacions amb una arquitectura estàndard per acotar els motius de la inestabilitat del mode de localització automàtic.

- En un entorn controlat fer proves de la sensibilitat de WiFiSLAM a la variació en els punts d'accés WiFi per tal d'establir els llindars a partir dels que cal realitzar noves cal·libracions de la localització.

- Integrar una BBDD SQLite a l'aplicació per d'emmagatzemar informació dels establiments, les ofertes i els esdeveniments del centre comercial. Desenvolupar funcions de cerca segons criteris geogràfics de proximitat i criteris de preferències d'usuari per explotar-la segons la posició proporcionada per WiFiSLAM i l'orientació espaial obtinguda dels sensors del dispositiu.

- Incorporar a un navegador, que a banda de la distància a un destí seleccionat fos capaç de donar indicacions per arribar-hi sobre el plànol proporcionat.

- Millorar el codi desenvolupat, aprofundint en els aspectes de la gestió d'errors, l'usabilitat i la gestió d'aspectes d'estil per que pogués aprofitar-se per diverses localitzacions amb les mínimes modificacions possibles.

9 Annexes

9.1 Estimació de la mitjana d'una població en termes de mitjana mostral.

La mida del nombre de lectures per cada punt, n=12 ha, estat escollida per garantir que es compleixen les condicions mínimes per aplicar el Teorema Central del Límit.

L'exercici que es realitza quan tractem d'estimar la mitjana μ de una població en termes de la mitjana mostral $\bar{\mu}$ correspon a una quantificació del tipus:

$$P\{|\text{Realidad} - Estimación| < \varepsilon\} > \alpha$$

On ε és la mesura de l'error que es considera acceptable i α representa quan segurs podem estar, es a dir el grau de significació de la nostra estimació[6].

Quan es coneix la variança σ^2de la població l'error relatiu de l'estimació de μ mitjançant la mitjana mostral $\bar{\mu}$, z[7] és:

$$z = \frac{\bar{\mu} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

Aquest error és una variable normal a partir de la qual és possible construir un interval de confiança:

$$P\left(-z_{\alpha/2} \leq \frac{\bar{\mu} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \leq z_{\alpha/2}\right) = 1 - \alpha$$

On $z_{\alpha/2}$ és un valor de la normal estándar tal que:

$$P(z > z_{\alpha/2}) = 1 - \Phi(z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2}$$

Sent Φ la funció de distribució normal estàndard. Aleshores l' interval serà:

$$\bar{\mu} - z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{\mu} + z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq$$

Si σ és desconegut es pot demostrar que:

[6] Nagui M. Rouphail & Jerry Sacks, Calibration and Validation of Simulation Models, Paper presented at TRB, 2003.

[7] Daniel Peña, Estadística: Modelos y Métodos, Volumen 1: Fundamentos,1995, Alianza Universidad Textos,

$$t = \frac{\frac{\bar{\mu} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}}{\sqrt{\frac{(n-1)\hat{s}^2}{\sigma^2(n-1)}}} = \frac{\bar{\mu} - \mu}{\hat{s}/\sqrt{n}}$$

On $\hat{s}^2$ és l'estimació de la variança mostral, segueix una distribució de la t de Student con n-1 graus de llibertat. Aleshores si $P\left(t > t_{\alpha/2}\right) = \frac{\alpha}{2}$, l' interval de confiança serà:

$$\bar{\mu} - t_{\alpha/2}\frac{\hat{s}}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{\mu} + t_{\alpha/2}\frac{\hat{s}}{\sqrt{n}}$$

I tindrà una confiança de 1-α. I la distribució de la confiança està definida per:

$$\mu = \bar{\mu} + t\frac{\hat{s}}{\sqrt{n}}$$

Una qüestió bàsica és determinar la dimensió n de la mostra a utilitzar. Si la tolerància ε es pot fixar prèviament, aleshores el valor més adient n^* es pot determinar a partir de[8]:

$$n^* = MIN\left\{n: n \geq 2.\,\delta(n,\alpha) \leq \sqrt{\frac{n}{n-1}\varepsilon^2 - \frac{t^2_{n-1,\alpha/2}}{n(n-1)}}\right\}$$

On $\delta(n,\alpha) = t_{n-1,\alpha/2}\frac{\hat{s}_n}{\sqrt{n}}$, sent $\hat{s}_n$ la desviació tipus mostral per una mostra de dimensió n, el que permet un procés recursiu en el que cada iteració afegeix un ítem més a la mostra fins a assolir la tolerància desitjada.

Si la tolerància no es pot fixar a priori, aleshores i tenint en compte que la variable aleatòria t tendeix ràpidament a la normal amb n (de fet a partir de n=100 son pràcticament idèntiques) una regla empírica freqüentment utilitzada és prendre un valor mínim n≥12 a partir del qual el grau de similitud amb la normal estàndard comença a ser significatiu.

[8] J. Barceló, Métodos Estadísticos para el Análisis de Resultados de los Experimentos de Simulación. Notas del Curso de Simulación, FME, (2012).

9.2 Bibliografia

Materials UOC (informació general sobre SIG)

- **Botella, A.**; Muñoz, A.; Olivella, R.; et Al. (2011). Introducción a los sistemas de información geogràfica y geotelemática. Barcelona: Editorial UOC. http://www.editorialuoc.cat/introduccinalossistemasdeinformacingeogrficaygeotelemtica-p-739.html?cPath=1

- **Bataller, A. (2010)**. Mòdul de Gestió i desenvolupament de projectes. Barcelona: Editorial UOC.

- **Sáez, N.; Vidal, R. (2010).** Mòdul de Redacció de textos cientificotècnics. Barcelona: Editorial UOC.

- **Treballs i Projectes Finals de Carrera** en Sistemes d'Informació Geogràfica de la Biblioteca Virtual de la UOC. http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/36

Bibliografia general sobre GIS

- Lloyd, Christopher D. (2010). Spatial data analysis : an introduction for GIS users / Christopher D.Lloyd. Oxford : Oxford University Press, cop. 2010 ISBN: 9780199554324.

- Maguire, D. J. (2008). The business benefits of GIS : an ROI approach / David Maguire, Victoria Kouyoumjian, Ross Smith. Redlands, Calif. : ESRI Press, 2008 ISBN: 9781589482005.

- Peters, Dave (2012). Building a GIS : system architecture design strategies for managers / Dave Peters. Redlands, Calif. : ESRI Press, 2012 ISBN: 9781589483071.

- WiFi-SLAM Using Gaussian Process Latent Variable Models. Brian Ferris, Dieter Fox, Niel Lawrence. University of Washington, Department of Computer Science&Engineering http://www.cs.washington.edu/robotics/mcl/postscripts/gplvm-wifi-slam-ijcai-07.pdf

- De Orús Navarro, Juan José José / Català Poch, M. Asunción / Núñez de Murga, Jorge (2007) ISBN: 978-84-475-3059-5. Astronomía esférica y mecànica celeste Publicacions Universitat de Barcelona. http://www.publicacions.ub.edu/liberweb/astronomia_esferica/material/version_pdf/Tomo%201/2.1%20Elipsoide%20terrestre.pdf

- "Beyoond Mapping. Compilation of Beyond Mapping columns appearing in GeoWorld Magacine"
  http://www.innovativegis.com/basis/mapanalysis/Default.htm

- GNSS Indoors - Fighting the Fading
  http://www.insidegnss.com/node/590

9.3 Enllaços

- Webs sobre desenvolupament Android:
  - http://developer.android.com/index.html
  - http://www.coreservlets.com/android-tutorial/
  - http://developer.android.com/training/index.html
  - http://stackoverflow.com/questions/tagged/android
  - http://www.droiddraw.org/widgetguide.html

- Android Development Tutorial: http://www.vogella.com/articles/Android/article.html
- Android SDK: http://developer.android.com/sdk/index.html
- Dalvik : http://www.netmite.com/android/mydroid/dalvik/docs/
- Gartner: Informació sobre la penetració dels S.O. dels smartphones
  http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=2237315

- Institut Cartogràfic de Catalunya
  http://www.icc.cat
- Foro Cartesia. Geomática y Topografía
  http://www.cartesia.org
- Obtenir Latitud i Logitud sobre GoogleMaps
  http://www.gorissen.info/Pierre/maps/googleMapLocationv3.php
- Finding distances based on Latitude and Longitude
  http://andrew.hedges.name/experiments/haversine/
- Definició d'el·lipsoides de referència:
  http://es.wikipedia.org/wiki/Forma_de_la_Tierra
- Web de la ciutat de Barcelona
  www.bcn.cat

- Web de WifiSlam: http://wifislam.com
- Xarxes WiFi: http://www.juniper.net/customers/support/

- Webs de proveïdors de solucions per posicionament indoor
  http://www.bytelight.com/

http://www.indooratlas.com/
http://www.navizon.com/
http://www.skyhookwireless.com/
http://www.wifarer.com/
http://www.trustedpositioning.com

- Webs de proveïdors de solucions hardware per posicionament indoor
  http://www.locatacorp.com/
  http://www.csr.com/

9.4 Documents auxiliars

- "Indoor Positioning – Finding the way inside"
  http://www.economist.com/news/technology-quarterly/21567197-navigation-technology-using-satellites-determine-your-position-only-works

- Calculadora Geoespacial
  http://www.41jaiio.org.ar/sites/default/files/41_EST_2012.pdf
  "EST 2012 – Concurso de Trabajos Estudiantiles . JAIIO 41 . Facultad de Informática de la Universidad de la Plata 2012"

- GEODESIA TEORIA Y PRACTICA. Pedro Garafulic Caviedes. Universidad de Santiago de Chile
  http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/tr8350_2.html

- http://en.wikipedia.org/wiki/Great-circle_distance

9.5 Taules de mesures experimentals

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
1	D1	P01	2,56	0,92	762,16	156,06	284	-81,44	41,3889211	2,1340562	0,37	-0,52	780	131	17,84	25,06	6,65	13,08	14,67
2	D1	P01	2,56	0,92	762,16	156,06	284	-81,44	41,3889211	2,1340562	0,37	-0,52	780	131	17,84	25,06	6,65	13,08	14,67
72	D2	P01	5,33	0,89	780,9	136,3	290,99	-74,08	41,3888376	2,1340069	0,37	-0,54	780	131	0,9	5,3	0,34	2,88	2,90
73	D2	P01	3,22	0,92	781,53	133,65	291,22	-73,09	41,3888285	2,1340082	0,37	-0,55	780	131	1,53	2,65	0,57	1,45	1,56
135	D3	P01	3,45	0,92	783	135,09	291,77	-73,63	41,3888314	2,1339999	0,37	-0,55	780	131	3	4,09	1,12	2,23	2,49
136	D3	P01	3,15	0,9	779,92	135,67	290,62	-73,84	41,3888367	2,134012	0,37	-0,54	780	131	0,08	4,67	0,03	2,54	2,54
137	D3	P01	3,54	0,9	782,32	135,24	291,51	-73,68	41,3888326	2,1340025	0,37	-0,54	780	131	2,32	4,24	0,86	2,31	2,47
293	D4	P01	3,92	0,89	788,83	128,57	293,94	-71,2	41,3888042	2,1339851	0,37	-0,55	780	131	8,83	2,43	3,29	1,35	3,55
294	D4	P01	3,76	0,89	788,11	133,46	293,67	-72,27	41,3888142	2,1339838	0,37	-0,54	780	131	8,11	2,46	3,02	1,33	3,30
295	D4	P01	2,93	0,9	789,55	129,22	294,21	-71,44	41,3888055	2,1339811	0,37	-0,55	780	131	9,55	1,78	3,56	0,98	3,69
296	D4	P01	3,04	0,91	790,04	129,66	294,39	-71,61	41,3888063	2,1339784	0,37	-0,55	780	131	10,04	1,34	3,74	0,74	3,81
297	D4	P01	3,17	0,9	790,33	129,58	294,5	-71,58	41,3888057	2,1339773	0,37	-0,55	780	131	10,33	1,42	3,85	0,78	3,93
3	D1	P02	2,53	0,92	628,92	253,01	234,35	-117,57	41,3893772	2,1344718	0,37	-0,46	645	259	16,08	5,99	5,99	2,78	6,61
14	D1	P02	2,9	0,92	639,21	253,68	238,19	-117,82	41,3893678	2,1344275	0,37	-0,46	645	259	5,79	5,32	2,16	2,47	3,28
15	D1	P02	4,08	0,91	638,61	255,92	237,96	-118,65	41,3893755	2,1344266	0,37	-0,46	645	259	6,39	3,08	2,38	1,43	2,78
61	D2	P02	4,6	0,91	634,04	256,26	236,26	-118,78	41,3893817	2,1344454	0,37	-0,46	645	259	10,96	2,74	4,08	1,27	4,28
62	D2	P02	4,6	0,91	634,04	256,26	236,26	-118,78	41,3893817	2,1344454	0,37	-0,46	645	259	10,96	2,74	4,08	1,27	4,28
141	D3	P02	3,37	0,91	644,16	256,34	240,03	-118,81	41,3893706	2,1344027	0,37	-0,46	645	259	0,84	2,66	0,31	1,23	1,27
142	D3	P02	5,26	0,89	643,18	256,53	239,67	-118,88	41,3893723	2,1344065	0,37	-0,46	645	259	1,82	2,47	0,68	1,14	1,33
282	D4	P02	2,93	0,91	643,68	253,34	239,85	-117,69	41,3893617	2,1344092	0,37	-0,46	645	259	1,32	5,66	0,49	2,63	2,67
283	D4	P02	3,62	0,93	642,09	255,84	239,26	-118,62	41,3893714	2,1344121	0,37	-0,46	645	259	2,91	3,16	1,08	1,47	1,82

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
284	D4	P02	3,21	0,9	640,42	256,76	238,64	-118,96	41,3893761	2,1344178	0,37	-0,46	645	259	4,58	2,24	1,71	1,04	2,00
285	D4	P02	3,19	0,9	639,49	255,68	238,29	-118,56	41,3893738	2,1344233	0,37	-0,46	645	259	5,51	3,32	2,05	1,54	2,57
286	D4	P02	2,98	0,91	639,08	257,04	238,14	-119,07	41,3893785	2,134423	0,37	-0,46	645	259	5,92	1,96	2,21	0,91	2,39
4	D1	P03	2,86	0,9	584,45	221,84	217,78	-105,95	41,3893288	2,1347058	0,37	-0,48	586	231	1,55	9,16	0,58	4,37	4,41
13	D1	P03	3,35	0,91	587,51	225,83	218,92	-107,44	41,389338	2,1346869	0,37	-0,48	586	231	1,51	5,17	0,56	2,46	2,52
63	D2	P03	4,4	0,93	587,23	224,3	218,82	-106,87	41,3893334	2,1346904	0,37	-0,48	586	231	1,23	6,7	0,46	3,19	3,23
64	D2	P03	3,1	0,92	585,76	223,17	218,27	-106,45	41,3893315	2,1346983	0,37	-0,48	586	231	0,24	7,83	0,09	3,73	3,74
65	D2	P03	4,37	0,93	584,35	222,21	217,74	-106,09	41,3893301	2,1347057	0,37	-0,48	586	231	1,65	8,79	0,61	4,20	4,24
143	D3	P03	2,94	0,91	589,5	221,34	219,67	-105,77	41,3893216	2,1346853	0,37	-0,48	586	231	3,5	9,66	1,30	4,62	4,80
144	D3	P03	3,93	0,92	583,72	221,64	217,51	-105,88	41,389329	2,1347092	0,37	-0,48	586	231	2,28	9,36	0,85	4,47	4,55
145	D3	P03	3,83	0,91	583,01	222,37	217,24	-106,15	41,3893321	2,1347111	0,37	-0,48	586	231	2,99	8,63	1,11	4,12	4,27
278	D4	P03	3,54	0,74	587,46	222,83	218,9	-106,32	41,3893286	2,1346917	0,37	-0,48	586	231	1,46	8,17	0,54	3,90	3,94
279	D4	P03	3,1	0,91	586,35	222,86	218,49	-106,33	41,3893299	2,1346963	0,37	-0,48	586	231	0,35	8,14	0,13	3,88	3,89
280	D4	P03	5,55	0,91	591,57	227,16	220,44	-107,93	41,3893376	2,1346678	0,37	-0,48	586	231	5,57	3,84	2,08	1,82	2,76
281	D4	P03	2,32	0,91	595,78	229,94	222	-108,97	41,3893416	2,134646	0,37	-0,47	586	231	9,78	1,06	3,64	0,50	3,68
5	D1	P04	3,3	0,86	359,36	204,04	133,91	-99,32	41,3895258	2,1356803	0,37	-0,49	353	198	6,36	6,04	2,37	2,94	3,78
10	D1	P04	3,14	0,88	349,75	199,54	130,33	-97,64	41,3895224	2,1357275	0,37	-0,49	353	198	3,25	1,54	1,21	0,75	1,43
76	D2	P04	4,52	0,89	352,43	205,71	131,32	-99,94	41,3895389	2,135707	0,37	-0,49	353	198	0,57	7,71	0,21	3,75	3,75
77	D2	P04	3,92	0,92	351,47	205,29	130,97	-99,79	41,3895387	2,1357117	0,37	-0,49	353	198	1,53	7,29	0,57	3,54	3,59
78	D2	P04	3,91	0,91	352,33	207,28	131,29	-100,53	41,389544	2,135705	0,37	-0,48	353	198	0,67	9,28	0,25	4,50	4,51
152	D3	P04	6,42	0,89	356,9	201,23	132,99	-98,27	41,3895197	2,1356949	0,37	-0,49	353	198	3,9	3,23	1,45	1,58	2,14
153	D3	P04	3,34	0,25	352,59	204,87	131,38	-99,63	41,3895361	2,1357076	0,37	-0,49	353	198	0,41	6,87	0,15	3,34	3,34
154	D3	P04	9,5	0,84	352,74	208,62	131,44	-101,03	41,3895477	2,1357013	0,37	-0,48	353	198	0,26	10,62	0,10	5,14	5,14
303	D4	P04	4,49	0,91	351,55	204,49	131	-99,49	41,389536	2,1357125	0,37	-0,49	353	198	1,45	6,49	0,54	3,16	3,20
304	D4	P04	2,82	0,93	349,76	205,16	130,33	-99,74	41,3895402	2,135719	0,37	-0,49	353	198	3,24	7,16	1,21	3,48	3,68
305	D4	P04	2,96	0,92	350,22	205,05	130,5	-99,7	41,3895393	2,1357172	0,37	-0,49	353	198	2,78	7,05	1,04	3,43	3,58

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
306	D4	P04	5,15	0,91	353,34	205,16	131,66	-99,74	41,3895361	2,135704	0,37	-0,49	353	198	0,34	7,16	0,13	3,48	3,48
6	D1	P05	3,05	0,9	214,69	230,23	80	-109,09	41,3897714	2,1362501	0,37	-0,47	215	228	0,31	2,23	0,12	1,06	1,06
9	D1	P05	3,18	0,91	214,63	229,64	79,98	-108,86	41,3897695	2,1362513	0,37	-0,47	215	228	0,37	1,64	0,14	0,78	0,79
79	D2	P05	3,95	0,91	213,87	230,03	79,69	-109,01	41,3897716	2,1362539	0,37	-0,47	215	228	1,13	2,03	0,42	0,96	1,05
80	D2	P05	2,93	0,91	214,33	230,43	79,86	-109,15	41,3897724	2,1362514	0,37	-0,47	215	228	0,67	2,43	0,25	1,15	1,18
81	D2	P05	2,89	0,9	214,54	230,17	79,94	-109,06	41,3897713	2,1362509	0,37	-0,47	215	228	0,46	2,17	0,17	1,03	1,04
155	D3	P05	4,86	0,89	216,46	228,07	80,66	-108,27	41,3897625	2,136246	0,37	-0,47	215	228	1,46	0,07	0,54	0,03	0,55
156	D3	P05	3,49	0,91	212,6	230,32	79,22	-109,11	41,3897739	2,1362588	0,37	-0,47	215	228	2,4	2,32	0,89	1,10	1,42
157	D3	P05	4,58	0,9	210,88	229,31	78,58	-108,73	41,3897727	2,1362676	0,37	-0,47	215	228	4,12	1,31	1,54	0,62	1,66
307	D4	P05	3,49	0,9	201,02	228,72	74,9	-108,52	41,3897819	2,13631	0,37	-0,47	215	228	13,98	0,72	5,21	0,34	5,22
308	D4	P05	5,81	0,9	196,31	228,83	73,15	-108,56	41,3897876	2,1363297	0,37	-0,47	215	228	18,69	0,83	6,96	0,39	6,98
309	D4	P05	3,45	0,82	201,31	228,18	75,01	-108,31	41,3897799	2,1363096	0,37	-0,47	215	228	13,69	0,18	5,10	0,09	5,10
310	D4	P05	4,08	0,9	212	227,98	79	-108,24	41,3897672	2,1362649	0,37	-0,47	215	228	3	0,02	1,12	0,01	1,12
7	D1	P06	2,76	0,91	155,26	270,72	57,85	-124,17	41,3899661	2,1364397	0,37	-0,46	152	271	3,26	0,28	1,21	0,13	1,22
8	D1	P06	3,52	0,9	156,4	270,53	58,28	-124,1	41,3899642	2,1364352	0,37	-0,46	152	271	4,4	0,47	1,64	0,22	1,65
82	D2	P06	3,87	0,91	157,03	269,02	58,51	-123,53	41,3899587	2,1364348	0,37	-0,46	152	271	5,03	1,98	1,87	0,91	2,08
83	D2	P06	4,24	0,91	157,39	268,88	58,65	-123,48	41,3899579	2,1364335	0,37	-0,46	152	271	5,39	2,12	2,01	0,97	2,23
158	D3	P06	2,72	0,92	156,15	271,08	58,18	-124,3	41,3899662	2,1364354	0,37	-0,46	152	271	4,15	0,08	1,55	0,04	1,55
159	D3	P06	2,55	0,92	155,52	271,35	57,95	-124,4	41,3899678	2,1364377	0,37	-0,46	152	271	3,52	0,35	1,31	0,16	1,32
160	D3	P06	2,43	0,91	155,56	271,77	57,96	-124,56	41,3899691	2,1364369	0,37	-0,46	152	271	3,56	0,77	1,33	0,35	1,37
311	D4	P06	3,4	0,9	155,7	269,88	58,02	-123,85	41,389963	2,1364391	0,37	-0,46	152	271	3,7	1,12	1,38	0,51	1,47
312	D4	P06	2,75	0,92	155,57	270,41	57,95	-124,05	41,3899648	2,1364391	0,37	-0,46	152	271	3,57	0,59	1,33	0,27	1,36
313	D4	P06	2,65	0,92	155,65	270,8	58	-124,2	41,3899659	2,136438	0,37	-0,46	152	271	3,65	0,2	1,36	0,09	1,36
314	D4	P06	2,74	0,9	155,28	271,53	57,89	-124,74	41,3899686	2,1364384	0,37	-0,46	152	271	3,28	0,53	1,22	0,24	1,25
11	D1	P07	3,07	0,91	515,54	222,39	192,11	-106,16	41,3894081	2,1349951	0,37	-0,48	488	223	27,54	0,61	10,26	0,29	10,27
12	D1	P07	3,07	0,91	515,54	222,39	192,11	-106,16	41,3894081	2,1349951	0,37	-0,48	488	223	27,54	0,61	10,26	0,29	10,27

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
74	D2	P07	4,36	0,91	512,3	222,72	190,9	-106,28	41,3894128	2,1350083	0,37	-0,48	488	223	24,3	0,28	9,05	0,13	9,06
75	D2	P07	3,87	0,93	512,48	223,07	190,96	-106,41	41,3894137	2,135007	0,37	-0,48	488	223	24,48	0,07	9,12	0,03	9,12
149	D3	P07	4,93	0,92	516,96	223,04	192,63	-106,4	41,3894085	2,1349882	0,37	-0,48	488	223	28,96	0,04	10,79	0,02	10,79
150	D3	P07	3,15	0,89	519,34	223,33	193,52	-106,51	41,3894068	2,1349777	0,37	-0,48	488	223	31,34	0,33	11,68	0,16	11,68
151	D3	P07	3,03	0,92	517,28	223,55	192,75	-106,59	41,3894098	2,1349861	0,37	-0,48	488	223	29,28	0,55	10,91	0,26	10,91
298	D4	P07	8,45	0,85	511,3	227,67	190,52	-108,13	41,3894295	2,1350051	0,37	-0,47	488	223	23,3	4,67	8,68	2,22	8,96
299	D4	P07	3,49	0,92	513,19	222,3	191,23	-106,13	41,3894104	2,1350052	0,37	-0,48	488	223	25,19	0,7	9,39	0,33	9,39
300	D4	P07	3,22	0,91	513,64	223,12	191,39	-106,43	41,3894125	2,1350021	0,37	-0,48	488	223	25,64	0,12	9,55	0,06	9,55
301	D4	P07	3,13	0,9	514,76	223,94	191,81	-106,74	41,3894139	2,1349961	0,37	-0,48	488	223	26,76	0,94	9,97	0,45	9,98
302	D4	P07	2,94	0,92	514,61	224,07	191,76	-106,78	41,3894144	2,1349966	0,37	-0,48	488	223	26,61	1,07	9,92	0,51	9,93
16	D1	P08	6,04	0,86	612,52	201,92	228,24	-98,53	41,3892343	2,1346175	0,37	-0,49	605	200	7,52	1,92	2,80	0,94	2,95
17	D1	P08	2,98	0,89	612,57	199,92	228,26	-97,78	41,3892279	2,1346203	0,37	-0,49	605	200	7,57	0,08	2,82	0,04	2,82
18	D1	P08	3	0,91	614,71	199,75	229,06	-97,72	41,389225	2,1346115	0,37	-0,49	605	200	9,71	0,25	3,62	0,12	3,62
66	D2	P08	5,79	0,91	609,88	208,1	227,26	-100,83	41,3892568	2,1346194	0,37	-0,48	605	200	4,88	8,1	1,82	3,92	4,33
67	D2	P08	3,11	0,9	607,29	205,3	226,29	-99,79	41,3892509	2,1346344	0,37	-0,49	605	200	2,29	5,3	0,85	2,58	2,71
68	D2	P08	3,8	0,92	609,34	206,64	227,06	-100,29	41,3892528	2,1346238	0,37	-0,49	605	200	4,34	6,64	1,62	3,22	3,61
146	D3	P08	4,71	0,91	609,73	203,44	227,2	-99,1	41,3892422	2,134627	0,37	-0,49	605	200	4,73	3,44	1,76	1,68	2,43
147	D3	P08	7,48	0,89	611,77	205,15	227,96	-99,73	41,3892453	2,1346158	0,37	-0,49	605	200	6,77	5,15	2,52	2,50	3,55
148	D3	P08	3,84	0,9	613,37	204,17	228,56	-99,37	41,3892404	2,1346105	0,37	-0,49	605	200	8,37	4,17	3,12	2,03	3,72
275	D4	P08	6,63	0,92	610,19	208,1	227,37	-100,83	41,3892564	2,134618	0,37	-0,48	605	200	5,19	8,1	1,93	3,92	4,38
276	D4	P08	5,28	0,9	609,59	208,75	227,15	-101,08	41,3892592	2,1346196	0,37	-0,48	605	200	4,59	8,75	1,71	4,24	4,57
277	D4	P08	5,48	0,91	609,83	206,2	227,24	-100,13	41,3892508	2,1346224	0,37	-0,49	605	200	4,83	6,2	1,80	3,01	3,51
69	D2	P09	3,47	0,92	698,63	221,65	260,33	-105,88	41,3891997	2,1342253	0,37	-0,48	700	224	1,37	2,35	0,51	1,12	1,23
70	D2	P09	3,13	0,91	698,23	222,18	260,18	-106,08	41,3892019	2,1342262	0,37	-0,48	700	224	1,77	1,82	0,66	0,87	1,09
71	D2	P09	4,64	0,91	697,03	219,66	259,73	-105,14	41,3891952	2,134235	0,37	-0,48	700	224	2,97	4,34	1,11	2,08	2,35
138	D3	P09	2,96	0,92	693,24	221,39	258,32	-105,79	41,389205	2,1342484	0,37	-0,48	700	224	6,76	2,61	2,52	1,25	2,81

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
139	D3	P09	4,36	0,9	695,39	221,66	259,12	-105,89	41,3892034	2,134239	0,37	-0,48	700	224	4,61	2,34	1,72	1,12	2,05
140	D3	P09	2,91	0,91	693,05	222	258,25	-106,01	41,3892071	2,1342483	0,37	-0,48	700	224	6,95	2	2,59	0,96	2,76
287	D4	P09	3,96	0,91	698,03	220,65	260,1	-105,51	41,3891972	2,13422294	0,37	-0,48	700	224	1,97	3,35	0,73	1,60	1,76
288	D4	P09	2,9	0,9	699,62	220,15	260,7	-105,32	41,3891939	2,13422234	0,37	-0,48	700	224	0,38	3,85	0,14	1,84	1,85
289	D4	P09	3,41	0,91	697,57	221,21	259,93	-105,72	41,3891995	2,1342305	0,37	-0,48	700	224	2,43	2,79	0,91	1,33	1,61
290	D4	P09	2,66	0,9	692,93	220,96	258,2	-105,63	41,389204	2,1342504	0,37	-0,48	700	224	7,07	3,04	2,63	1,45	3,01
291	D4	P09	2,51	0,59	692,71	220,72	258,12	-105,54	41,3892035	2,1342516	0,37	-0,48	700	224	7,29	3,28	2,72	1,57	3,14
292	D4	P09	3,34	0,91	695,16	221,56	259,04	-105,85	41,3892034	2,1342401	0,37	-0,48	700	224	4,84	2,44	1,80	1,17	2,15
41	D1	P11	3,46	0,9	736,99	185,83	299,19	-102,03	41,3891648	2,1338209	0,41	-0,55	741	188	4,01	2,17	1,63	1,19	2,02
42	D1	P11	3,14	0,92	738,89	185,64	299,96	-101,95	41,3891617	2,1338126	0,41	-0,55	741	188	2,11	2,36	0,86	1,30	1,55
43	D1	P11	2,6	0,92	740,78	186,02	300,73	-102,11	41,3891606	2,1338033	0,41	-0,55	741	188	0,22	1,98	0,09	1,09	1,09
105	D2	P11	3,59	0,81	736,82	186,14	299,12	-102,16	41,3891661	2,1338212	0,41	-0,55	741	188	4,18	1,86	1,70	1,02	1,98
106	D2	P11	3,36	0,91	737,91	185,7	299,56	-101,98	41,3891632	2,1338169	0,41	-0,55	741	188	3,09	2,3	1,25	1,26	1,78
107	D2	P11	4	0,92	738,2	184,59	299,68	-101,52	41,389159	2,1338175	0,41	-0,55	741	188	2,8	3,41	1,14	1,88	2,19
180	D3	P11	3,42	0,87	738,91	185,36	299,97	-101,84	41,3891607	2,133813	0,41	-0,55	741	188	2,09	2,64	0,85	1,45	1,68
181	D3	P11	2,87	0,92	739,71	185,73	300,29	-101,99	41,3891609	2,1338087	0,41	-0,55	741	188	1,29	2,27	0,52	1,25	1,35
182	D3	P11	2,78	0,91	738,34	185,12	299,74	-101,74	41,3891606	2,133816	0,41	-0,55	741	188	2,66	2,88	1,08	1,58	1,92
266	D4	P11	2,45	0,23	740,88	185,8	300,77	-102,02	41,3891597	2,1338032	0,41	-0,55	741	188	0,12	2,2	0,05	1,21	1,21
267	D4	P11	2,43	0,12	741,12	186,06	300,86	-102,12	41,3891603	2,1338017	0,41	-0,55	741	188	0,12	1,94	0,05	1,06	1,07
268	D4	P11	4,35	0,85	736,97	184,9	299,18	-101,65	41,3891616	2,1338226	0,41	-0,55	741	188	4,03	3,1	1,64	1,70	2,36
44	D1	P12	4,27	0,92	717,99	140,05	291,47	-83,44	41,3890325	2,1339858	0,41	-0,60	725	138	7,01	2,05	2,85	1,22	3,10
45	D1	P12	3,76	0,9	719,2	140,02	291,97	-83,43	41,3890308	2,1339803	0,41	-0,60	725	138	5,8	2,02	2,35	1,20	2,64
46	D1	P12	3,48	0,92	720,38	140,05	292,44	-83,44	41,3890234	2,1339749	0,41	-0,60	725	138	4,62	2,05	1,88	1,22	2,24
102	D2	P12	4,17	0,89	722,82	140,06	293,44	-83,45	41,3890263	2,1339637	0,41	-0,60	725	138	2,18	2,06	0,89	1,23	1,51
103	D2	P12	3,05	0,91	724,4	139,71	294,08	-83,31	41,3890231	2,1339571	0,41	-0,60	725	138	0,6	1,71	0,24	1,02	1,05
104	D2	P12	3	0,92	724,66	139,73	294,18	-83,31	41,3890228	2,1339559	0,41	-0,60	725	138	0,34	1,73	0,14	1,03	1,04

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
177	D3	P12	6,57	0,89	720,49	141,28	292,49	-83,94	41,3890335	2,1339722	0,41	-0,59	725	138	4,51	3,28	1,83	1,95	2,67
178	D3	P12	5,83	90	714,33	140	289,99	-83,43	41,389037	2,1340025	0,41	-0,60	725	138	10,67	2	4,33	1,19	4,49
179	D3	P12	3,53	0,91	714,96	138,95	290,25	-83	41,3890326	2,1340014	0,41	-0,60	725	138	10,04	0,95	4,08	0,57	4,12
263	D4	P12	3,48	0,91	722,87	139,23	293,46	-83,11	41,3890234	2,1339649	0,41	-0,60	725	138	2,13	1,23	0,86	0,73	1,13
264	D4	P12	3,53	0,92	723,59	139,69	293,75	-83,3	41,3890241	2,1339608	0,41	-0,60	725	138	1,41	1,69	0,57	1,01	1,16
265	D4	P12	3,06	0,92	725,31	139,92	294,45	-83,39	41,3890227	2,1339525	0,41	-0,60	725	138	0,31	1,92	0,13	1,14	1,15
47	D1	P13	2,83	0,9	590,56	146,43	239,74	-86,03	41,3892176	2,134556	0,41	-0,59	591	138	0,44	8,43	0,18	4,95	4,96
48	D1	P13	4,47	0,92	593,07	144,19	240,76	-85,13	41,3892067	2,1345483	0,41	-0,59	591	138	2,07	6,19	0,84	3,65	3,75
49	D1	P13	2,95	0,91	593,68	139,71	241,01	-83,31	41,3891906	2,1345532	0,41	-0,60	591	138	2,68	1,71	1,09	1,02	1,49
99	D2	P13	4,32	0,93	592,76	143,98	240,64	-85,04	41,3892064	2,1345501	0,41	-0,59	591	138	1,76	5,98	0,71	3,53	3,60
100	D2	P13	4,93	0,92	592,47	145,24	240,52	-85,55	41,389211	2,1345493	0,41	-0,59	591	138	1,47	7,24	0,60	4,26	4,31
101	D2	P13	3,36	0,91	590,43	147,04	239,69	-86,28	41,3892198	2,1345555	0,41	-0,59	591	138	0,57	9,04	0,23	5,30	5,31
174	D3	P13	3,94	0,91	592,79	142,96	240,65	-84,63	41,3892028	2,1345517	0,41	-0,59	591	138	1,79	4,96	0,73	2,94	3,02
175	D3	P13	4,42	0,91	592,52	143,29	240,54	-84,76	41,3892043	2,1345524	0,41	-0,59	591	138	1,52	5,29	0,62	3,13	3,19
176	D3	P13	3,07	0,91	592,84	145,12	240,67	-85,5	41,3892102	2,1345478	0,41	-0,59	591	138	1,84	7,12	0,75	4,19	4,26
260	D4	P13	2,5	0,91	591,47	140,43	240,11	-83,6	41,3891959	2,1345621	0,41	-0,60	591	138	0,47	2,43	0,19	1,45	1,46
261	D4	P13	2,42	0,91	591,56	140,31	240,15	-83,55	41,3891954	2,1345619	0,41	-0,60	591	138	0,56	2,31	0,23	1,38	1,39
262	D4	P13	2,46	0,92	591,62	140,02	240,18	-83,43	41,3891943	2,1345621	0,41	-0,60	591	138	0,62	2,02	0,25	1,20	1,23
50	D1	P14	3,13	0,9	463,53	168,05	188,17	-94,81	41,3894543	2,1350984	0,41	-0,56	476	165	12,47	3,05	5,06	1,72	5,35
51	D1	P14	2,96	0,88	464,45	168,01	188,55	-94,8	41,3894522	2,1350932	0,41	-0,56	476	165	11,55	3,01	4,69	1,70	4,99
52	D1	P14	4,09	0,9	468,48	168,89	190,18	-95,15	41,3894508	2,1350743	0,41	-0,56	476	165	7,52	3,89	3,05	2,19	3,76
93	D2	P14	5	0,9	488,77	182,41	198,42	-100,64	41,3894711	2,1349588	0,41	-0,55	476	165	12,77	17,41	5,18	9,61	10,92
94	D2	P14	7,81	0,88	484,82	178,27	196,82	-98,96	41,389462	2,1349839	0,41	-0,56	476	165	8,82	13,27	3,58	7,37	8,19
95	D2	P14	4,48	0,91	470,98	171,49	191,2	-96,21	41,3894565	2,1350585	0,41	-0,56	476	165	5,02	6,49	2,04	3,64	4,17
168	D3	P14	3,59	0,89	467,79	168,91	189,9	-95,16	41,3894518	2,1350775	0,41	-0,56	476	165	8,21	3,91	3,33	2,20	4,00
169	D3	P14	2,85	0,91	467,11	169,27	189,63	-95,31	41,3894539	2,13508	0,41	-0,56	476	165	8,89	4,27	3,61	2,40	4,34

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
170	D3	P14	4,04	0,92	467,53	168,7	189,8	-95,08	41,3894514	2,135079	0,41	-0,56	476	165	8,47	3,7	3,44	2,09	4,02
251	D4	P14	2,81	0,91	482,88	166,57	196,03	-94,21	41,3894244	2,1350126	0,41	-0,57	476	165	6,88	1,57	2,79	0,89	2,93
252	D4	P14	2,85	0,9	483,48	166,52	196,27	-94,19	41,3894235	2,13501	0,41	-0,57	476	165	7,48	1,52	3,04	0,86	3,16
253	D4	P14	7,06	0,9	474,91	168,3	192,79	-94,91	41,3894406	2,135046	0,41	-0,56	476	165	1,09	3,3	0,44	1,86	1,91
53	D1	P15	3,79	0,89	349,74	161,83	141,98	-92,29	41,3895788	2,1356279	0,41	-0,57	347	158	2,74	3,83	1,11	2,18	2,45
54	D1	P15	3,19	0,89	348,97	160,65	141,67	-91,81	41,3895757	2,1356334	0,41	-0,57	347	158	1,97	2,65	0,80	1,51	1,71
55	D1	P15	2,79	0,91	349,31	164,57	141,81	-93,4	41,3895887	2,1356252	0,41	-0,57	347	158	2,31	6,57	0,94	3,73	3,84
90	D2	P15	3,12	0,92	350,73	169,75	142,38	-95,5	41,3896046	2,1356098	0,41	-0,56	347	158	3,73	11,75	1,51	6,61	6,78
91	D2	P15	3,25	0,9	349,74	161,58	141,98	-92,19	41,3895779	2,1356283	0,41	-0,57	347	158	2,74	3,58	1,11	2,04	2,33
165	D3	P15	2,99	0,86	349,81	164,37	142,01	-93,32	41,3895874	2,1356232	0,41	-0,57	347	158	2,81	6,37	1,14	3,62	3,79
166	D3	P15	4,23	0,9	350,08	163,19	142,12	-92,84	41,389583	2,135624	0,41	-0,57	347	158	3,08	5,19	1,25	2,95	3,21
167	D3	P15	3,69	0,91	351,79	161,39	142,81	-92,11	41,3895746	2,1356193	0,41	-0,57	347	158	4,79	3,39	1,94	1,93	2,74
247	D4	P15	2,86	0,89	349,76	164,71	141,99	-93,46	41,3895886	2,1356229	0,41	-0,57	347	158	2,76	6,71	1,12	3,81	3,97
248	D4	P15	2,9	0,9	349,73	164,89	141,98	-93,53	41,3895893	2,1356227	0,41	-0,57	347	158	2,73	6,89	1,11	3,91	4,06
249	D4	P15	4,14	0,89	350	163,12	142,09	-92,81	41,3895829	2,1356245	0,41	-0,57	347	158	3	5,12	1,22	2,91	3,16
250	D4	P15	3,23	0,9	348,97	161,44	141,67	-92,13	41,3895784	2,1356321	0,41	-0,57	347	158	1,97	3,44	0,80	1,96	2,12
56	D1	P16	3,9	0,92	274,95	183,6	111,62	-101,13	41,3897491	2,1359318	0,41	-0,55	275	181	0,05	2,6	0,02	1,43	1,43
57	D1	P16	4,17	0,91	274,97	182,88	111,63	-100,83	41,3897466	2,1359329	0,41	-0,55	275	181	0,03	1,88	0,01	1,04	1,04
87	D2	P16	3,22	0,9	275,2	181,64	111,72	-100,33	41,389742	2,135934	0,41	-0,55	275	181	0,2	0,64	0,08	0,35	0,36
88	D2	P16	2,8	0,9	275,38	180,46	111,76	-99,85	41,3897378	2,1359352	0,41	-0,55	275	181	0,38	0,54	0,15	0,30	0,34
89	D2	P16	3,86	0,91	275,28	183,29	111,75	-101	41,3897476	2,1359308	0,41	-0,55	275	181	0,28	2,29	0,11	1,26	1,27
163	D3	P16	4,32	0,87	276,14	170,15	112,1	-95,66	41,3897015	2,1359494	0,41	-0,56	275	181	1,14	10,85	0,46	6,10	6,12
164	D3	P16	2,35	0,91	275,26	169,98	111,74	-95,59	41,3897021	2,1359537	0,41	-0,56	275	181	0,26	11,02	0,11	6,20	6,20
242	D4	P16	2,48	0,91	275,45	169,92	111,82	-95,57	41,3897016	2,1359529	0,41	-0,56	275	181	0,45	11,08	0,18	6,23	6,23
243	D4	P16	3,29	0,91	278,18	170,1	112,93	-95,64	41,3896987	2,1359401	0,41	-0,56	275	181	3,18	10,9	1,29	6,13	6,26
244	D4	P16	3,3	0,89	277,33	169,87	112,58	-95,55	41,389699	2,1359444	0,41	-0,56	275	181	2,33	11,13	0,95	6,26	6,33

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
245	D4	P16	2,94	0,9	275,21	169,86	111,72	-95,55	41,3897017	2,1359541	0,41	-0,56	275	181	0,21	11,14	0,09	6,27	6,27
246	D4	P16	2,49	0,9	275,33	170,17	111,77	-95,67	41,3897026	2,135953	0,41	-0,56	275	181	0,33	10,83	0,13	6,09	6,09
58	D1	P17	3,08	0,9	160,36	179,14	65,1	-99,31	41,3898806	2,136462	0,41	-0,55	157	175	3,36	4,14	1,36	2,30	2,67
59	D1	P17	3,63	0,92	160,45	180,88	65,13	-100,02	41,3898865	2,1364586	0,41	-0,55	157	175	3,45	5,88	1,40	3,25	3,54
60	D1	P17	2,83	0,91	160,39	179,96	65,11	-99,65	41,3898834	2,1364605	0,41	-0,55	157	175	3,39	4,96	1,38	2,75	3,07
84	D2	P17	4,9	0,92	164,43	179,51	66,75	-99,46	41,3898767	2,1364428	0,41	-0,55	157	175	7,43	4,51	3,02	2,50	3,92
85	D2	P17	3,64	0,92	164,46	177,25	66,76	-98,55	41,3898689	2,1364465	0,41	-0,56	157	175	7,46	2,25	3,03	1,25	3,28
86	D2	P17	5,54	0,88	164,35	179,85	66,72	-99,6	41,3898779	2,1364426	0,41	-0,55	157	175	7,35	4,85	2,98	2,69	4,01
161	D3	P17	5,06	0,92	162,01	180,95	65,77	-100,05	41,3898847	2,1364514	0,41	-0,55	157	175	5,01	5,95	2,03	3,29	3,87
162	D3	P17	4,59	0,92	163,19	178,29	66,25	-98,97	41,3898741	2,1364505	0,41	-0,56	157	175	6,19	3,29	2,51	1,83	3,11
238	D4	P17	3,95	0,9	161,12	180,33	65,41	-99,8	41,3898837	2,1364565	0,41	-0,55	157	175	4,12	5,33	1,67	2,95	3,39
239	D4	P17	3,4	0,92	159,59	181,07	64,79	-100,1	41,3898882	2,1364622	0,41	-0,55	157	175	2,59	6,07	1,05	3,36	3,52
240	D4	P17	3,89	0,91	158,05	183,19	64,16	-100,96	41,3898974	2,1364656	0,41	-0,55	157	175	1,05	8,19	0,43	4,51	4,53
241	D4	P17	3,81	0,91	159,16	183,92	64,61	-101,25	41,3898985	2,1364593	0,41	-0,55	157	175	2,16	8,92	0,88	4,91	4,99
96	D2	P18	4,93	0,89	523,97	162,17	212,71	-92,43	41,3893567	2,1348328	0,41	-0,57	525	158	1,03	4,17	0,42	2,38	2,41
97	D2	P18	4,49	0,94	526,09	163,08	216,57	-92,8	41,3893571	2,1348215	0,41	-0,57	525	158	1,09	5,08	0,45	2,89	2,93
98	D2	P18	5,65	0,94	524,63	161,68	212,98	-92,22	41,3893542	2,1348306	0,41	-0,57	525	158	0,37	3,68	0,15	2,10	2,10
171	D3	P18	7,43	0,87	531,26	152,71	215,67	-88,58	41,389315	2,1348157	0,41	-0,58	525	158	6,26	5,29	2,54	3,07	3,98
172	D3	P18	3,44	0,86	540,45	154,26	219,4	-89,21	41,3893086	2,1347711	0,41	-0,58	525	158	15,45	3,74	6,27	2,16	6,63
173	D3	P18	2,82	0,77	540,75	154,36	219,52	-89,25	41,3893085	2,1347696	0,41	-0,58	525	158	15,75	3,64	6,39	2,10	6,73
254	D4	P18	3,55	0,9	525,59	163,51	213,37	-92,97	41,3893592	2,1348231	0,41	-0,57	525	158	0,59	5,51	0,24	3,13	3,14
255	D4	P18	3,16	0,9	526,68	162,2	213,41	-92,44	41,3893546	2,1348249	0,41	-0,57	525	158	1,68	4,2	0,68	2,39	2,49
256	D4	P18	2,86	0,93	525,64	162,04	213,39	-92,37	41,3893541	2,1348254	0,41	-0,57	525	158	0,64	4,04	0,26	2,30	2,32
257	D4	P18	2,78	0,9	525,66	161,8	213,4	-92,27	41,3893533	2,1348257	0,41	-0,57	525	158	0,66	3,8	0,27	2,17	2,18
258	D4	P18	3,71	0,89	523,55	154,58	212,54	-89,34	41,3893317	2,134848	0,41	-0,58	525	158	1,45	3,42	0,59	1,98	2,06
259	D4	P18	3,28	0,91	523,08	155,42	212,35	-89,68	41,3893348	2,1348484	0,41	-0,58	525	158	1,92	2,58	0,78	1,49	1,68

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
108	D2	P19	3,38	0,91	676,76	185,43	274,74	-101,87	41,3892406	2,1340963	0,41	-0,55	679	185	2,24	0,43	0,91	0,24	0,94
109	D2	P19	3,06	0,92	676,69	185,61	274,71	-101,94	41,3892413	2,1340963	0,41	-0,55	679	185	2,31	0,61	0,94	0,34	1,00
110	D2	P19	2,98	0,93	675,54	185,85	274,24	-102,04	41,3892436	2,1341011	0,41	-0,55	679	185	3,46	0,85	1,40	0,47	1,48
183	D3	P19	3,22	0,91	676,19	185,65	274,5	-101,95	41,389242	2,1340985	0,41	-0,55	679	185	2,81	0,65	1,14	0,36	1,20
184	D3	P19	10,46	0,8	671,98	185,52	272,8	-101,9	41,389247	2,1341179	0,41	-0,55	679	185	7,02	0,52	2,85	0,29	2,86
185	D3	P19	2,87	0,78	678,36	185,64	275,39	-101,95	41,3892392	2,1340886	0,41	-0,55	679	185	0,64	0,64	0,26	0,35	0,44
269	D4	P19	5,45	0,89	675,89	186,04	274,38	-102,12	41,3892438	2,1340992	0,41	-0,55	679	185	3,11	1,04	1,26	0,57	1,39
270	D4	P19	4,54	0,89	675,13	186,41	274,08	-102,26	41,389246	2,134102	0,41	-0,55	679	185	3,87	1,41	1,57	0,77	1,75
271	D4	P19	3,62	0,91	672,52	187,34	273,01	-102,64	41,3892525	2,1341123	0,41	-0,55	679	185	6,48	2,34	2,63	1,28	2,93
272	D4	P19	3,62	0,9	672,47	187,31	273	-102,63	41,3892525	2,1341126	0,41	-0,55	679	185	6,53	2,31	2,65	1,27	2,94
273	D4	P19	2,67	0,91	669,6	187,43	271,83	-102,68	41,3892566	2,1341255	0,41	-0,55	679	185	9,4	2,43	3,82	1,33	4,04
274	D4	P19	2,7	0,92	681,53	187,6	276,68	-102,75	41,3892556	2,1341257	0,41	-0,55	679	185	2,53	2,6	1,03	1,42	1,76
19	D1	PS1	2,71	0,91	174,05	201,26	70,07	-95,12	41,3895792	2,1366197	0,40	-0,47	159	206	15,05	4,74	6,06	2,24	6,46
22	D1	PS1	2,71	0,92	168,01	196,19	67,64	-93,07	41,3895694	2,1366555	0,40	-0,47	159	206	9,01	9,81	3,63	4,65	5,90
23	D1	PS1	3,55	0,84	163,92	202,27	65,99	-95,52	41,3895952	2,136664	0,40	-0,47	159	206	4,92	3,73	1,98	1,76	2,65
127	D2	PS1	2,79	0,9	164,45	182,5	66,2	-87,56	41,3895273	2,1366943	0,40	-0,48	159	206	5,45	23,5	2,19	11,27	11,49
128	D2	PS1	5,23	0,89	167,27	197,4	67,34	-93,56	41,3895745	2,1366568	0,40	-0,47	159	206	8,27	8,6	3,33	4,08	5,26
129	D2	PS1	3,18	0,89	165,38	197,23	66,58	-93,49	41,3895762	2,1366657	0,40	-0,47	159	206	6,38	8,77	2,57	4,16	4,89
204	D3	PS1	4,11	0,92	174,01	202,56	70,06	-95,64	41,3895836	2,1366177	0,40	-0,47	159	206	15,01	3,44	6,04	1,62	6,26
205	D3	PS1	2,63	0,93	179,73	201,42	72,36	-95,18	41,3895726	2,1365936	0,40	-0,47	159	206	20,73	4,58	8,35	2,16	8,62
206	D3	PS1	6,35	0,9	180,76	220,49	72,78	-94,8	41,3895682	2,1365904	0,40	-0,43	159	206	21,76	14,49	8,76	6,23	10,75
218	D4	PS1	2,57	0,96	169,36	196,39	68,18	-93,16	41,3895684	2,136649	0,40	-0,47	159	206	10,36	9,61	4,17	4,56	6,18
219	D4	PS1	2,67	0,89	164,99	196,04	66,42	-93,01	41,3895727	2,1366694	0,40	-0,47	159	206	5,99	9,96	2,41	4,73	5,31
220	D4	PS1	2,5	0,92	164,25	191,2	66,12	-91,07	41,3895571	2,1366808	0,40	-0,48	159	206	5,25	14,8	2,11	7,05	7,36
20	D1	PS2	2,95	0,87	214,53	30,66	86,37	-26,43	41,3889483	2,1367187	0,40	-0,86	229	29	14,47	1,66	5,83	1,43	6,00
21	D1	PS2	3,05	0,94	214,17	29,81	86,22	-26,09	41,3889458	2,1367217	0,40	-0,88	229	29	14,83	0,81	5,97	0,71	6,01

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
130	D2	PS2	2,51	0,92	199,71	27,65	80,4	-25,22	41,3889564	2,1367909	0,40	-0,91	229	29	29,29	1,35	11,79	1,23	11,86
131	D2	PS2	4,62	0,98	206,29	28,37	83,05	-25,51	41,3889507	2,1367599	0,40	-0,90	229	29	22,71	0,63	9,14	0,57	9,16
132	D2	PS2	2,73	0,93	199,71	26,99	80,4	-24,96	41,3889542	2,136792	0,40	-0,92	229	29	29,29	2,01	11,79	1,86	11,94
207	D3	PS2	2,67	0,91	198,95	27,65	80,09	-25,22	41,3889574	2,1367943	0,40	-0,91	229	29	30,05	1,35	12,10	1,23	12,16
208	D3	PS2	2,48	0,92	199,16	28,91	80,18	-25,73	41,3889614	2,1367913	0,40	-0,89	229	29	29,84	0,09	12,01	0,08	12,01
209	D3	PS2	2,5	0,96	199,38	27,49	80,27	-25,16	41,3889563	2,1367926	0,40	-0,92	229	29	29,62	1,51	11,92	1,38	12,00
221	D4	PS2	2,54	0,92	209,12	31,84	84,19	-26,91	41,388959	2,1367413	0,40	-0,85	229	29	19,88	2,84	8,00	2,40	8,36
222	D4	PS2	2,65	0,88	209,3	29,19	84,26	-25,84	41,3889498	2,1367448	0,40	-0,89	229	29	19,7	0,19	7,93	0,17	7,93
223	D4	PS2	2,36	0,88	207,18	27,34	83,41	-25,1	41,3889461	2,1367575	0,40	-0,92	229	29	21,82	1,66	8,78	1,52	8,92
224	D4	PS2	2,58	0,92	204,74	27,46	82,32	-25,15	41,3889499	2,1367696	0,40	-0,92	229	29	24,26	1,54	9,75	1,41	9,86
24	D1	PS3	3,47	0,95	161,21	264,92	64,9	-120,76	41,3898119	2,1365724	0,40	-0,46	159	274	2,21	9,08	0,89	4,14	4,23
25	D1	PS3	3,47	0,95	161,21	264,92	64,9	-120,76	41,3898119	2,1365724	0,40	-0,46	159	274	2,21	9,08	0,89	4,14	4,23
133	D2	PS3	3,06	0,94	174,75	273,91	70,35	-124,36	41,3898255	2,1364962	0,40	-0,45	159	274	15,75	0,09	6,34	0,04	6,34
134	D2	PS3	2,85	0,93	174,35	274,03	70,19	-124,41	41,3898264	2,1364978	0,40	-0,45	159	274	15,35	0,03	6,18	0,01	6,18
201	D3	PS3	3,88	0,98	163,11	270,2	65,67	-122,87	41,3898274	2,1365551	0,40	-0,45	159	274	4,11	3,8	1,65	1,73	2,39
202	D3	PS3	4,76	0,93	161,36	264,71	64,96	-120,66	41,3898109	2,1365721	0,40	-0,46	159	274	2,36	9,29	0,95	4,23	4,34
203	D3	PS3	5,15	0,97	162,32	268,91	65,35	-122,35	41,389824	2,1365608	0,40	-0,45	159	274	3,32	5,09	1,34	2,32	2,67
213	D4	PS3	2,8	0,91	163,29	270,7	65,74	-123,07	41,3898289	2,1365534	0,40	-0,45	159	274	4,29	3,3	1,73	1,50	2,29
214	D4	PS3	2,6	0,92	164	266,32	66,02	-121,31	41,3898131	2,1365575	0,40	-0,46	159	274	5	7,68	2,01	3,50	4,04
215	D4	PS3	3,07	0,96	161,89	265,87	65,18	-121,13	41,3898142	2,1365678	0,40	-0,46	159	274	2,89	8,13	1,16	3,70	3,88
216	D4	PS3	2,88	0,94	163,79	265,92	65,94	-121,15	41,389812	2,1365591	0,40	-0,46	159	274	4,79	8,08	1,93	3,68	4,16
217	D4	PS3	2,8	0,9	160,78	267,84	64,73	-121,92	4,13898222	21,365696	0,40	-0,46	159	274	1,78	6,16	0,72	2,80	2,89
26	D1	PS4	3,16	0,9	342,61	302,75	137,93	-165,98	41,3897151	2,1356869	0,40	-0,55	344	309	1,39	6,25	0,56	3,43	3,47
27	D1	PS4	3,03	0,92	343,11	304,9	138,13	-136,84	41,3897217	2,1356811	0,40	-0,45	344	309	0,89	4,1	0,36	1,84	1,87
28	D1	PS4	2,743	0,91	342,64	305,9	137,94	-137,24	41,3897258	2,1356816	0,40	-0,45	344	309	1,36	3,1	0,55	1,39	1,49
121	D2	PS4	2,96	0,91	335,7	296,22	135,15	-133,35	41,3897014	2,1357291	0,40	-0,45	344	309	8,3	12,78	3,34	5,75	6,65

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
122	D2	PS4	3,05	0,94	339,66	305,72	136,74	-137,17	41,3897288	2,1356954	0,40	-0,45	344	309	4,34	3,28	1,75	1,47	2,28
123	D2	PS4	2,37	0,94	338,46	302,03	136,26	-135,68	41,3897178	2,1357069	0,40	-0,45	344	309	5,54	6,97	2,23	3,13	3,84
195	D3	PS4	2,61	0,93	338,49	310,18	136,27	-138,97	41,3897455	2,1356933	0,40	-0,45	344	309	5,51	1,18	2,22	0,53	2,28
196	D3	PS4	2,55	0,93	343,34	305,81	138,23	-137,2	41,3897245	2,1356785	0,40	-0,45	344	309	0,66	3,19	0,27	1,43	1,46
197	D3	PS4	2,58	0,92	343,46	306,02	138,27	-137,29	41,3897251	2,1356777	0,40	-0,45	344	309	0,54	2,98	0,22	1,34	1,35
225	D4	PS4	3,59	0,89	338,79	305,35	136,39	-137,02	41,3897286	2,1356999	0,40	-0,45	344	309	5,21	3,65	2,10	1,64	2,66
226	D4	PS4	2,46	0,91	338,6	309,7	136,32	-138,77	41,3897437	2,1356936	0,40	-0,45	344	309	5,4	0,7	2,17	0,31	2,20
227	D4	PS4	2,59	0,9	338,74	310,1	136,37	-138,93	41,3897449	2,1356923	0,40	-0,45	344	309	5,26	1,1	2,12	0,49	2,17
29	D1	PS5	2,49	0,95	442,81	305,51	178,27	-137,08	41,3895999	2,1352279	0,40	-0,45	455	309	12,19	3,49	4,91	1,57	5,15
30	D1	PS5	2,74	0,92	442,64	306,5	178,2	-137,48	41,3896035	2,135227	0,40	-0,45	455	309	12,36	2,5	4,98	1,12	5,10
31	D1	PS5	2,46	0,91	442,41	305,78	178,11	-137,19	41,3896013	2,1352292	0,40	-0,45	455	309	12,59	3,22	5,07	1,44	5,27
117	D2	PS5	2,51	0,92	452,62	305,61	182,22	-137,12	41,389588	2,1351832	0,40	-0,45	455	309	2,38	3,39	0,96	1,52	1,80
118	D2	PS5	2,55	0,92	452,97	305,5	182,36	-137,08	41,3895873	2,1351818	0,40	-0,45	455	309	2,03	3,5	0,82	1,57	1,77
120	D2	PS5	2,55	0,92	452,97	305,5	182,36	-137,08	41,3895873	2,1351818	0,40	-0,45	455	309	2,03	3,5	0,82	1,57	1,77
192	D3	PS5	3,25	0,88	451,48	303,36	181,76	-136,22	41,3895818	2,1351921	0,40	-0,45	455	309	3,52	5,64	1,42	2,53	2,90
193	D3	PS5	2,56	0,92	452,79	305,06	182,29	-136,91	41,389586	2,1351833	0,40	-0,45	455	309	2,21	3,94	0,89	1,77	1,98
194	D3	PS5	4,66	0,91	452,43	301,99	182,14	-135,67	41,389576	2,135191	0,40	-0,45	455	309	2,57	7,01	1,03	3,15	3,31
228	D4	PS5	2,58	0,94	457,14	305,14	184,04	-136,94	41,3895808	2,1351634	0,40	-0,45	455	309	2,14	3,86	0,86	1,73	1,93
229	D4	PS5	2,67	0,91	457,06	305,44	184,01	-137,06	41,389582	2,1351633	0,40	-0,45	455	309	2,06	3,56	0,83	1,60	1,80
230	D4	PS5	2,94	0,92	432,94	308,97	174,3	-138,48	41,3896239	2,1352669	0,40	-0,45	455	309	22,06	0,03	8,88	0,01	8,88
32	D1	PS6	2,65	0,9	481,68	270,54	193,92	-123,01	41,3894326	2,1351095	0,40	-0,45	491	271	9,32	0,46	3,75	0,21	3,76
33	D1	PS6	2,83	0,95	487,17	270,75	196,13	-123,09	41,3894265	2,1350842	0,40	-0,45	491	271	3,83	0,25	1,54	0,11	1,55
34	D1	PS6	2,37	0,92	480,64	270,12	195,5	-122,84	41,3894324	2,1351149	0,41	-0,45	491	271	10,36	0,88	4,21	0,40	4,23
114	D2	PS6	3,62	0,9	490,26	270,69	197,37	-126,06	41,3894224	2,1350703	0,40	-0,47	491	271	0,74	0,31	0,30	0,14	0,33
115	D2	PS6	3,29	0,92	491,05	271,18	197,69	-123,26	41,3894231	2,1350659	0,40	-0,45	491	271	0,05	0,18	0,02	0,08	0,08
189	D3	PS6	2,48	0,92	477,54	276,1	192,25	-125,24	41,3894566	2,135119	0,40	-0,45	491	271	13,46	5,1	5,42	2,31	5,89

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
190	D3	PS6	2,61	0,91	477,6	279,77	192,27	-126,72	41,3894691	2,1351127	0,40	-0,45	491	271	13,4	8,77	5,39	3,97	6,70
191	D3	PS6	5,14	0,97	491,91	275,33	198,04	-124,93	41,3894362	2,1350551	0,40	-0,45	491	271	0,91	4,33	0,37	1,96	2,00
231	D4	PS6	2,57	0,95	491,85	269,83	198,01	-122,72	41,3894175	2,1350654	0,40	-0,45	491	271	0,85	1,17	0,34	0,53	0,63
232	D4	PS6	2,9	0,94	482,68	270,81	194,32	-123,12	41,3894323	2,1351045	0,40	-0,45	491	271	8,32	0,19	3,35	0,09	3,35
233	D4	PS6	2,66	0,93	477,93	270,45	192,41	-122,94	41,389437	2,1351266	0,40	-0,45	491	271	13,07	0,55	5,26	0,25	5,27
234	D4	PS6	2,98	0,9	478,52	268,78	192,65	-122,3	41,3894305	2,1351267	0,40	-0,46	491	271	12,48	2,22	5,02	1,01	5,12
35	D1	PS7	2,56	0,94	587	275,36	236,32	-124,95	41,3893181	2,1346237	0,40	-0,45	591	280	4	4,64	1,61	2,11	2,65
36	D1	PS7	2,6	0,9	591,39	270,93	238,09	-123,16	41,3892975	2,1346112	0,40	-0,45	591	280	0,39	9,07	0,16	4,12	4,13
37	D1	PS7	2,64	0,91	591,4	270,9	238,09	-123,15	41,3892974	2,1346112	0,40	-0,45	591	280	0,4	9,1	0,16	4,14	4,14
111	D2	PS7	3,18	0,93	588,08	270,74	236,76	-123,08	41,389301	2,1346265	0,40	-0,45	591	280	2,92	9,26	1,18	4,21	4,37
112	D2	PS7	2,82	0,88	587,19	270,79	236,39	-123,11	41,3893023	2,1346305	0,40	-0,45	591	280	3,81	9,21	1,53	4,19	4,46
113	D2	PS7	5,43	0,93	581,29	274,47	234,02	-124,59	41,3893222	2,1346511	0,40	-0,45	591	280	9,71	5,53	3,91	2,51	4,65
186	D3	PS7	3,18	0,91	591,17	278,58	238	-126,24	41,3893238	2,1345995	0,40	-0,45	591	280	0,17	1,42	0,07	0,64	0,65
187	D3	PS7	2,59	0,95	586,96	276,01	236,3	-125,21	41,3893203	2,1346228	0,40	-0,45	591	280	4,04	3,99	1,63	1,81	2,43
188	D3	PS7	2,79	0,88	586,87	274,54	236,27	-124,62	41,3893155	2,1346257	0,40	-0,45	591	280	4,13	5,46	1,66	2,48	2,98
235	D4	PS7	3,68	0,89	583,88	246,58	235,06	-113,36	41,389224	2,1346856	0,40	-0,46	591	280	7,12	33,42	2,87	15,36	15,63
236	D4	PS7	3,61	0,89	589,83	280,17	237,46	-126,88	41,3893309	2,1346029	0,40	-0,45	591	280	1,17	0,17	0,47	0,08	0,48
237	D4	PS7	2,74	0,91	588,38	272,02	236,88	-123,6	41,389305	2,134623	0,40	-0,45	591	280	2,62	7,98	1,05	3,63	3,78
38	D1	PS8	2,52	0,93	348,37	236,13	140,25	-109,15	41,3894812	2,1357712	0,40	-0,46	340	228	8,37	8,13	3,37	3,76	5,05
39	D1	PS8	2,7	0,92	347,38	236,18	139,85	-109,17	41,3894826	2,1357756	0,40	-0,46	340	228	7,38	8,18	2,97	3,78	4,81
40	D1	PS8	2,57	0,92	352,47	235,35	141,9	-108,84	41,3894734	2,1357539	0,40	-0,46	340	228	12,47	7,35	5,02	3,40	6,06
124	D2	PS8	2,58	0,94	343,83	235,85	138,41	-109,04	41,3894859	2,1357922	0,40	-0,46	340	228	3,83	7,85	1,54	3,63	3,94
125	D2	PS8	3,73	0,96	345,27	235,04	139	-108,72	41,3894813	2,135787	0,40	-0,46	340	228	5,27	7,04	2,12	3,26	3,89
126	D2	PS8	2,89	0,91	346,07	235,74	139,32	-108,99	41,3894827	2,1357823	0,40	-0,46	340	228	6,07	7,74	2,44	3,58	4,33
198	D3	PS8	5,83	0,95	344,39	235,79	138,65	-109,02	41,389485	2,1357898	0,40	-0,46	340	228	4,39	7,79	1,77	3,60	4,01
199	D3	PS8	2,67	0,93	343,86	235,88	138,43	-109,05	41,3894859	2,135792	0,40	-0,46	340	228	3,86	7,88	1,55	3,64	3,96

N	Fecha	Punto	Exactitud	On-floor	Xpixels	Ypixels	Xm	Ym	Lat	Long	X m/pixel	Y m/pixel	X org.	Y org	Xdif	Ydif	Xm-dif	Ym-dif	DIFERENCIA
200	D3	PS8	2,57	0,93	343,48	235,82	138,28	-109,03	41,3894862	2,1357939	0,40	-0,46	340	228	3,48	7,82	1,40	3,62	3,88
210	D4	PS8	3	0,88	347,92	235,05	140,07	-108,72	41,389478	2,135775	0,40	-0,46	340	228	7,92	7,05	3,19	3,26	4,56
211	D4	PS8	2,92	0,9	346,75	236,14	139,6	-109,16	41,3894832	2,1357785	0,40	-0,46	340	228	6,75	8,14	2,72	3,76	4,64
212	D4	PS8	2,58	0,93	343,65	236,08	138,35	-109,13	41,3894869	2,1357927	0,40	-0,46	340	228	3,65	8,08	1,47	3,74	4,01