

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Informàtica

Títol: Desenvolupament d'una App de recomanació d'insulina

Document: Memòria

Alumne: Jesús Chica Martínez

Tutor: Beatriz López i Ferran Torrent

Departament: Enginyeria elèctrica, electrònica i automàtica

Àrea: Enginyeria de sistemes i automàtica

Convocatòria (mes/any): setembre / 18

ÍNDEX

| | |
|---|----|
| 1. Introducció | 5 |
| 1.1. Motivacions | 5 |
| 1.2. Propòsit | 6 |
| 1.3. Objectius | 6 |
| 2. Estudi de viabilitat | 7 |
| 2.1. Coneixements necessaris | 7 |
| 2.2. Recursos humans | 7 |
| 2.3. Recursos tecnològics | 8 |
| 2.4. Costos | 8 |
| 3. Metodologia | 11 |
| 3.1. Metodologia àgil | 11 |
| 3.2. SCRUM | 12 |
| 3.3. Aplicació de la metodologia | 13 |
| 4. Planificació | 14 |
| 5. Marc de treball i conceptes previs | 17 |
| 5.1. Marc de treball | 17 |
| 5.1.1. Projecte PEPPER | 17 |
| 5.1.2. Grup eXiT | 18 |
| 5.2. Conceptes previs | 18 |
| 5.2.1. Nocions bàsiques sobre el sistema operatiu Android | 18 |
| 5.2.2. La diabetis tipus 1 | 22 |
| 6. Requisits del sistema | 23 |
| 6.1. Requisits funcionals | 23 |
| 6.2. Requisits no funcionals | 24 |
| 7. Estudis i decisions | 25 |
| 7.1. Versió d'Android | 25 |
| 7.2. Llibreries externes | 27 |
| 8. Anàlisi i disseny del sistema | 28 |
| 8.1. Anàlisi i disseny inicial | 28 |
| 8.2. Disseny final | 31 |
| 8.2.1. Base de dades | 31 |
| 8.2.2. Packages Java | 32 |
| 9. Implementació i proves | 44 |
| 9.1. Configuració d'idioma i unitats de mesura | 44 |
| 9.2. Classes I/O i encriptació | 45 |

| | | |
|--------|--|----|
| 9.3. | Gestió de temps | 46 |
| 9.4. | Algoritmes de recomanació | 46 |
| 9.4.1. | Recomanador basal | 46 |
| 9.4.2. | Recomanador bolus (eXiTCBR)..... | 48 |
| 9.5. | Finestra d'estadístiques..... | 49 |
| 9.6. | Base de dades..... | 49 |
| 9.7. | Millora de la interfície gràfica (GUI) | 50 |
| 9.7.1. | Qüestionari bolus | 50 |
| 9.7.2. | Gràfiques..... | 51 |
| 9.8. | El problema del “doble click” | 51 |
| 9.9. | Proves | 52 |
| 10. | Resultats i implantació | 55 |
| 10.1. | Resultats..... | 55 |
| 10.2. | Implantació | 64 |
| 11. | Conclusions | 65 |
| 12. | Treball futur..... | 66 |
| 13. | Bibliografia..... | 67 |
| 14. | Annexos..... | 69 |
| 14.1. | Annex 1: Manual d'usuari | 69 |
| 14.2. | Annex 2: Guia de requeriments TICSalut..... | 77 |

ÍNDIX DE FIGURES

| | | |
|-------------|--|----|
| Taula 2.1: | Costos fixos de hardware | 8 |
| Taula 2.2: | Costos fixos de software | 9 |
| Taula 2.3: | Costos variables (recursos humans)..... | 10 |
| Taula 2.4: | Cost total | 10 |
| Figura 4.1: | Cronologia inicial | 15 |
| Figura 4.2: | Cronologia final | 16 |
| Figura 5.1: | Representació gràfica del Activity Lifecycle [11]..... | 20 |
| Figura 5.2: | Representació de l'ús de Fragments en una aplicació. [12]..... | 21 |
| Figura 7.1: | Distribució de l'ús de les versions d'Android. Febrer 2018. [13] | 25 |
| Figura 7.2: | Distribució de l'ús de les versions d'Android. Juliol 2018. [13]..... | 26 |
| Figura 8.1: | Disseny inicial de l'aplicació GlucApp | 30 |
| Figura 8.2: | Diagrama entitat-relació de la base de dades..... | 31 |
| Figura 8.3: | Diagrama de classes del package Activities. (Només títols) | 34 |
| Figura 8.4: | Diagrama de classes del package Activities. (Amb mètodes i atributs) | 35 |
| Figura 8.5: | Diagrama de classes del package Adapters | 36 |
| Figura 8.6: | Diagrama de classes del package data.Registry | 37 |

| | |
|--|----|
| Figura 8.7: Diagrama de classes del package Dialogs | 38 |
| Figura 8.8: Diagrama de classes del package Formatters | 38 |
| Figura 8.9: Diagrama de classes del package Fragments (Només títols)..... | 39 |
| Figura 8.10: Diagrama de classes del package Fragments (Amb mètodes i atributs)..... | 40 |
| Figura 8.11: Diagrama de classes del package IO | 41 |
| Figura 8.12: Diagrama de classes del package IO.Encryption..... | 41 |
| Figura 8.13: Diagrama de classes del package Listeners | 42 |
| Figura 8.14: Diagrama de classes del package Views | 42 |
| Figura 8.15: Diagrama de classes del package models.InsulinRecommender..... | 43 |
| Figura 9.1: Algoritme recomanador basal [23] | 47 |
| Figura 9.2: Equació 9 del algoritme del recomanador basal. [23] | 47 |
| Figura 9.3: Equació 12 del algoritme del recomanador basal. [23] | 47 |
| Figura 9.4: Proves amb el recomanador basal, amb una alerta a la part inferior. | 53 |
| Figura 9.5: Proves amb el recomanador bolus. | 54 |
| Figura 10.1: Menú principal de GlucApp | 55 |
| Figura 10.2: Recomanador d'insulina basal de GlucApp | 56 |
| Figura 10.3: Qüestionari bolus de GlucApp..... | 57 |
| Figura 10.4: Recomanador d'insulina bolus de GlucApp..... | 58 |
| Figura 10.5: Finestra per afegir mesures de glucosa a GlucApp | 58 |
| Figura 10.6: Finestra per modificar dades del pacient a GlucApp..... | 59 |
| Figura 10.7: Finestra d'estadístiques de GlucApp. Insulina Bolus. | 60 |
| Figura 10.8: Finestra d'estadístiques de GlucApp. Mesures de Glucosa..... | 61 |
| Figura 10.9: Finestra d'estadístiques de GlucApp. Llista de punts..... | 61 |
| Figura 10.10: Finestra d'estadístiques de GlucApp. Edició de dades..... | 62 |
| Figura 10.11: Finestra de configuració de GlucApp | 63 |
| Figura 10.12: Botó per obrir la finestra de configuració..... | 63 |

1. Introducció

Aquest treball de final de grau s'emmarca dins del projecte europeu H2020 PEPPER (Patient Empowerment through Predictive PERSONALISED decision support), fent ús del treball desenvolupat per part del grup de recerca eXiT.

PEPPER és un projecte coordinat per Oxford Brookes University i on també hi participen el Imperial College London, RomSoft SRL, Cellnovo Ltd i la Universitat de Girona. El propòsit del projecte és desenvolupar sistemes computacionals personalitzats de presa de decisions per ajudar a pacients que pateixin diabetis tipus 1 a controlar millor els nivells de glucosa en sang. Les persones amb diabetis tipus 1 necessiten controlar-se la glucosa en sang utilitzant insulina per evitar la hipoglucèmia¹ i/o hiperglucèmia². Normalment s'utilitzen dos tipus d'insulina: basal (lenta) i bolus (ràpida). La quantitat necessària d'insulina de cada tipus s'administra, normalment, a través de vàries injeccions diàries. No obstant, l'estimació de la dosi necessària no és senzilla de fer, i s'acostuma a fer a través de simplificacions que no poden modelar el complex sistema que té el cos humà per metabolitzar la insulina i la glucosa. Per tant, és necessari dotar les persones amb diabetis d'eines que els ajudin a calcular la dosi d'insulina.

Davant d'aquesta necessitat i aprofitant la potència de càlcul cada cop més gran que tenen els dispositius mòbils, el grup de recerca eXiT ha desenvolupat un mètode de raonament basat en casos per calcular la dosi necessària d'insulina ràpida que s'han de prendre els pacients abans dels àpats i un mètode basat en la teoria de filtre de Kalman per calcular la dosi necessària diària d'insulina lenta.

Aquest treball descriu el desenvolupament d'una aplicació per dispositius mòbils Android que integri aquests algorismes per tal de realitzar recomanacions d'insulina al usuari. L'aplicació també permet monitoritzar l'estat de l'usuari a partir del càlcul i visualització d'estadístiques sobre dades fisiològiques com el nivell de glucosa en sang.

1.1. Motivacions

El desenvolupament d'una aplicació Android és matèria d'estudi dins del Grau en Enginyeria Informàtica, s'imparteix concretament a l'assignatura de Projecte de Desenvolupament de Software (3105G07024), on els alumnes han de desenvolupar una aplicació treballant en equip amb grups de 5 persones.

L'autor va considerar que els coneixements que va obtenir a aquesta assignatura eren insuficients per desenvolupar una aplicació real, degut a que dins del grup de treball se li va assignar exclusivament la tasca del manteniment d'una base de dades, i per tant no va tenir l'oportunitat de programar dins de l'entorn Android.

L'autor d'aquest treball es va proposar realitzar una estada laboral per ampliar els seus coneixements i tècniques de desenvolupament pel sistema Android, i que li permetés desenvolupar una aplicació real que fos útil. Aquesta estada laboral va donar peu a aquest treball de final de grau.

¹ Hipoglucèmia pot comportar problemes de coordinació, mareig, convulsions, coma i la mort.

² Hiperglucèmia pot comportar, a llarg termini, complicacions microvasculars i macrovasculars.

1.2. Propòsit

El propòsit general d'aquest projecte és desenvolupar una aplicació, anomenada GlucApp, per a dispositius mòbils de persones amb diabetis tipus 1 que integri els algorismes de recomanació d'insulina desenvolupats en el projecte PEPPER. En concret, el recomanador d'insulina bolus basat en raonament basat en casos, i el recomanador d'insulina basal basat en la teoria del filtre de Kalman. Amb aquests sistemes es possible recomanar dosis d'insulina adaptades a l'usuari per tal de minimitzar la probabilitat de patir hipoglucèmia i hiperglucèmia i les complicacions que se'n deriven.

Els algorismes de recomanació d'insulina estan dissenyats per a usuaris que utilitzin, o no, bomba d'insulina i monitor continu de glucosa. No obstant, l'aplicació descrita en aquest document està orientada a persones que no utilitzen ni bomba d'insulina ni monitor continu de glucosa, perquè aquests dispositius no es troben coberts per la seguretat social en general i perquè en el projecte PEPPER ja es desenvolupa una aplicació per a usuaris de bomba i monitor de glucosa.

A banda d'integrar els algorismes de recomanació d'insulina, l'aplicació desenvolupada permet a l'usuari consultar el seu historial de mesures de glucosa i de dosatge d'insulina per mitjà d'una finestra d'estadístiques. Aquesta informació es d'especial rellevància per a una autoavaluació del seu estat per part del propi usuari.

1.3. Objectius

L'objectiu principal d'aquest treball és desenvolupar una aplicació Android que realitzi recomanacions d'insulina per a persones amb diabetis tipus 1. L'aplicació ha d'estar orientada a persones que no utilitzen ni bomba d'insulina ni monitor continu de glucosa, dispositius no coberts per la seguretat social en general. Per tant, l'aplicació ha de facilitar l'entrada de dades de forma manual i ha de calcular i mostrar, utilitzant les dades entrades per l'usuari, la recomanació de dosis d'insulina ràpida adequada per a cada situació (e.g. cada àpat) i la recomanació de dosi diària d'insulina lenta.

Aquest objectiu principal engloba els següents subobjectius:

- Desenvolupar una aplicació Android amb una interfície d'usuari amigable. que faciliti la introducció d'informació necessària per al càlcul de les dosis d'insulina.
- Integrar a l'aplicació els algorismes de recomanació d'insulina desenvolupats pel grup eXiT.
- Dissenyar i implementar l'aplicació per a que compleixi els requeriments d'usabilitat i qualitat exigits per TICSaIut a aplicacions mèdiques [[Annex 2](#)].
- Desenvolupar una interfície d'usuari que mostri estadístiques sobre el dosatge d'insulina i de les mesures de glucosa en sang.
- Connectar l'aplicació amb altres serveis per a permetre la captura automàtica del màxim de la informació necessària.

2. Estudi de viabilitat

A continuació s'analitza la viabilitat del projecte, primer llistant els coneixements i recursos que es consideren necessaris per tal de dur-lo a terme, i després fent un balanç dels costos que suposen i com es pretenen assumir.

2.1. Coneixements necessaris

Aquest P/TFC requereix un mínim de coneixements en els següents camps:

- Enginyeria del software, per tal de realitzar un disseny inicial de l'aplicació.
- Coneixements sobre bases de dades (SQL).
- Programació orientada a objectes, principalment Java.
- Coneixements sobre el funcionament del S.O Android, i com dissenyar i programar en un entorn Android.
- Coneixements bàsics sobre el metabolisme de la insulina i la glucosa en persones amb diabetis tipus 1 i els seus hàbits comuns.
- Coneixements precisos sobre el funcionament dels algoritmes de predicció de dosis d'insulina: eXiTCBR per dosis ràpides i el filtre de Kalman per dosis lentes.
- Coneixements sobre disseny gràfic i/o manipulació d'imatges.

2.2. Recursos humans

Pel desenvolupament de l'aplicació Android de recomanació d'insulina en un període de 5-7 mesos, estimem els recursos humans necessaris fent servir càlculs amb Person-Month³:

- Programador d'Android/Dissenyador Junior. Treballant a temps parcial (50%) durant 7 mesos, equival a un esforç total de: $0,5 * 7 = \mathbf{3,5 \text{ Person-Month}}$.
- Dissenyador gràfic, per dissenyar el logotip de l'aplicació i opcionalment parts de la interfície gràfica. Per aquesta part del projecte s'estima que es requereix un 5% d'esforç durant 7 mesos, per tant: $0,05 * 7 = \mathbf{0,35 \text{ Person-Month}}$.
- Assessor amb coneixement dels algoritmes del grup eXiT. Aquest assessor ha d'aportar un esforç del 10% durant els 7 mesos de desenvolupament, amb un esforç total de: $0,1 * 7 = \mathbf{0,7 \text{ Person-Month}}$.

Amb aquestes estimacions d'esforç es pot calcular fàcilment el cost dels recursos humans.

³ Un person-Month (PM) és una unitat d'esforç que equival al treball d'una persona a temps complert durant un mes.

2.3. Recursos tecnològics

A continuació es llisten els recursos tecnològics que es necessiten pel desenvolupament de l'aplicació:

- Pel desenvolupament del codi de la aplicació:
 - Un PC per instal·lar les eines de software que es faran servir, amb connexió a internet i un navegador.
 - Entorn de desenvolupament integrat o IDE per Android, per exemple Android Studio [1].
 - Un dispositiu mòbil amb sistema operatiu Android 4.4 (API 19 KitKat) o superior.
 - Un entorn de testeig de comandes SQL, per exemple la pàgina web de SQLFiddle [2].
 - USB per debuggar l'aplicació en el dispositiu mòbil.
 - Emulador de diferents sistemes Android. Android Studio el porta inclòs.
- Per dissenyar la interfície gràfica:
 - Un programa d'edició d'imatges, com GIMP [3].
 - Plugin Draw.io de Google Drive per dissenyar l'aplicació (diagrames de classe + disseny interfície d'usuari) [4].
 - Opcionalment, una pàgina web que contingui un arxiu d'imatges sota llicència Creative Commons que es puguin fer servir en l'aplicació. Com per exemple la pàgina web de Flaticon [5].
- Per realitzar la documentació:
 - Un processador de text, com per exemple LibreOffice [6].

2.4. Costos

Aquesta secció descriu les costos estimats per al desenvolupament de GlucApp.

Els costos fixes tenen un valor constant i són independents del temps de desenvolupament del projecte o del seu ús. Els costos fixes del projecte són els corresponents al hardware i al software. La [Taula 2.1](#) descriu els costos de hardware. Els costos per al PC i el navegador, juntament amb el dispositiu mòbil Android i l'USB son aproximats.

| Nom | Descripció | Cost |
|---------------------------------|---|--------------|
| PC + Navegador | PC per instal·lar eines, amb un navegador. | 500 € |
| Dispositiu mòbil Android | Amb sistema operatiu Android 4.4 (API 19) o superior. | 200 € |
| USB | USB per debuggar l'aplicació en el dispositiu mòbil. | 3 € |
| Cost total | | 703 € |

Taula 2.1: Costos fixes de hardware

Els costos corresponents al software també son costos fixes, a la [Taula 2.2](#) hi apareixen tots els costos associats al software:

- Android Studio és un IDE gratuït i oficial per Android, disponible per a Windows, Mac i Linux [1]. Per tant el seu cost s'ha considerat nul.
- SQLFiddle és una pàgina web que atorga als seus usuaris un entorn de testeig de bases de dades SQL [2]. El seu ús és gratuït i en conseqüència el seu cost es considera nul.
- L'emulador de sistemes operatius Android que porta incorporat Android Studio és també gratuït i suficient per les nostres necessitat. El cost és nul.
- El programa d'edició d'imatges GIMP, juntament amb el plugin de Google Drive Draw.io son dues eines que es poden fer servir per realitzar gràfics i diagrames simples. Ambdós son gratuïts, i GIMP es troba disponible per Windows, Mac i Linux [3]. Considerem un cost nul per a tots dos.
- La pàgina web de Flaticon [5] disposa de moltes imatges sota una llicència molt similar a la de Creative Commons (permet que es facin tota mena d'usos comercials o privats amb les seves imatges sempre i quan s'especifiqui quin és l'autor de les imatges) [7]. El cost resultant és nul.
- Finalment, es pot fer servir el paquet d'ofimàtica LibreOffice [6] com a alternativa de codi lliure a Microsoft Office, que ens proporciona un processador de textos per redactar la documentació pertinent. El seu ús és gratuït i el cost és nul.

| Nom | Descripció | Cost |
|-------------------------|---|------------|
| Android Studio | IDE gratuït i oficial per Android. | 0 € |
| SQLFiddle | Entorn de testeig de comandes SQL. Pagina web. | 0 € |
| Emulador Android | Permet emular diferents S.Os Android | 0 € |
| GIMP | Programa d'edició d'imatges. | 0 € |
| Draw.io | Plugin de Google Drive per crear diagrames. | 0 € |
| Arxiu imatges | Arxiu d'imatges amb llicència Creative Commons o similar. | 0 € |
| LibreOffice | Processador de textos de codi lliure. | 0 € |
| Cost total | | 0 € |

Taula 2.2: Costos fixes de software

Els costos variables varien en funció del ús que es faci dels recursos. Els costos variables en el desenvolupament de GlucApp són els associats als recursos humans. La [Taula 2.3](#) detalla els costos associats als recursos humans:

- S'ha estimat el salari d'un programador Junior com a 2000 € bruts mensuals amb 12 pagues a l'any més 600 € de despesa per Seguretat Social (30% del sou brut). Per tant, ens queda un cost mensual de 2600 €.
- El salari d'un dissenyador gràfic és aproximadament d'uns 1500 € bruts mensuals amb 12 pagues a l'any més 450 € de despesa per Seguretat Social. Per tant ens queda un cost mensual de 1950 €.
- Per acabar, es considera que el salari del assessor del grup eXiT seria aproximadament d'uns 3000 € bruts mensuals amb 12 pagues a l'any més 900 € de despesa per Seguretat Social. Per tant ens queda un cost mensual de 3900 €.

Per tal d'obtenir els costos totals dels recursos humans, es multiplica el valor de Person-Month (PM) calculat anteriorment amb el cost mensual calculat de cada treballador. Amb això s'obté la totalitat dels costos variables.

| Nom | Person-Month | Cost mensual | Cost total |
|---------------------------|--------------|--------------|------------------|
| Programador Junior | 3,5 | 2600€/mes | 9100 € |
| Dissenyador Gràfic | 0,35 | 1950€/mes | 682,5 € |
| Assessor eXiT | 0,7 | 3900€/mes | 2730 € |
| Cost total | | | 12512,5 € |

Taula 2.3: Costos variables (recursos humans)

Fent la suma dels costos fixes i variables, com es mostra a la [Taula 2.4](#), s'obté el cost total.

| | |
|-------------------------|------------------|
| Costos fixes | 703 € |
| Costos variables | 12512,5 € |
| Cost total | 13215,5 € |

Taula 2.4: Cost total

Aquests costos han estat finançats pels recursos propis del grup eXiT i del projecte PEPPER.

3. Metodologia

La metodologia que s'ha escollit pel desenvolupament d'aquest projecte de fi de grau és una metodologia àgil similar a SCRUM, però amb un únic programador i el seu client.

3.1. Metodologia àgil

Les metodologies àgils es centren en el desenvolupament de projectes de forma iterativa i altament adaptable per mitigar possibles riscos. Per aconseguir-ho solen sacrificar l'extensiu procés de documentació i en el seu lloc promouen la col·laboració amb el client. Aquesta metodologia es basa en la idea de que el client no sempre pot estar segur del que vol i que, per tant, canvis en el disseny i la implementació del projecte no només seran inevitables, sinó que també freqüents.

Les iteracions són curtes, i solen ser auto-contingudes, és a dir, ajunten les etapes de disseny, implementació i testeig per cada nova funcionalitat, com si fos un petit projecte dins d'un més gran. Al acabar una iteració, el client sol valorar els resultats i expressa la seva opinió sobre l'estat del projecte i els canvis que voldria que es produïssin a la pròxima iteració. Amb canvis ràpids i flexibles en funció de les respostes que es rebin s'aconsegueix l'efecte de retroacció que permet a les metodologies àgils adaptar-se al màxim als desitjos del client.

Aquestes metodologies són relativament modernes (de la dècada dels 90) i van aparèixer amb l'evolució de l'indústria i l'experiència adquirida per programadors al llarg de les dècades anteriors. A l'any 2001 es va publicar el *Manifesto for Agile Software Development* [8], que descriu la filosofia darrere les metodologies àgils. Els disset autors d'aquest manifest detallen en que se diferencien les metodologies àgils d'altres més tradicionals en quatre frases curtes:

- Individus i interaccions, en comptes de processos i eines.
- Software funcional, en comptes de documentació comprensiva.
- Col·laboració amb el client, en comptes de negociació contractual.
- Respondre als canvis, en comptes de seguir un pla.

En general, les metodologies àgils es caracteritzen per processos iteratius curts, equips petits, supervisió freqüent per part dels clients, documentació mínima i canvis freqüents en el codi amb cicles de desenvolupament adaptatius en comptes de predictius.

3.2. SCRUM

SCRUM és una de les metodologies àgils més conegudes i utilitzades. SCRUM es centra en el desenvolupament de software i es troba dissenyada per equips de 3-9 desenvolupadors que divideixen el treball en funcionalitats que poden ser implementades en iteracions curtes anomenades “sprints” (durant períodes de 30 dies o menys, usualment 2 setmanes).

Els sprints s'inicien amb una reunió de planificació que té com a objectiu identificar el treball que s'ha de realitzar durant el sprint i fer una estimació del temps necessari per entregar el producte al final del període. Al final de cada sprint, l'equip de desenvolupament presenta l'increment aconseguit sobre el producte al client.

Dins d'SCRUM, hi ha tres rols principals:

- **Product Owner:** Representa al client o interessats en el producte final. Supervisa els resultats obtinguts a cada etapa del projecte i determina els objectius a complir.
- **Equip de desenvolupament:** Té el deure de desenvolupar les funcionalitats del producte dins els períodes establerts (sprints) i mostrar els resultats al acabar aquest temps.
- **Scrum Master:** Actua com un intermediari entre el Product Owner i l'Equip de desenvolupament, i soluciona problemes que puguin sorgir durant l'aplicació de SCRUM. No és ben bé una figura “líder”, si no més bé un supervisor de la metodologia de treball.

Alguns dels beneficis reportats [9] al utilitzar SCRUM com a metodologia de treball inclouen:

- **Adaptabilitat:** Gran capacitat de reacció en cas que es produeixin canvis en els requeriments generats per les necessitats del client o l'evolució del mercat.
- **Reducció del Time to Market:** El client pot començar a utilitzar les característiques més importants del projecte abans que aquest estigui completament acabat.
- **Millor qualitat del software:** El treball metòdic i la necessitat d'obtenir una versió de treball funcional després de cada iteració ajuda a l'obtenció d'un software de gran qualitat.
- **Millor productivitat:** S'aconsegueix, entre altres raons, gràcies a l'eliminació de la burocràcia i el procés de documentació exhaustiva que ocupa un gran espai de temps.
- **Prediccions de temps:** A través d'aquest marc de treball es coneix la velocitat mitjana de l'equip per sprint, d'aquesta manera és possible estimar de manera fàcil quan es podrà fer ús d'una determinada funcionalitat que encara no es troba implementada.
- **Reduccions de riscos:** El fet de dur a terme les funcionalitats de més valor en primer lloc i saber la velocitat a la qual l'equip avança en el projecte, permet evitar riscos eficaçment de manera anticipada.

3.3. Aplicació de la metodologia

S'ha escollit fer servir una metodologia àgil basada en SCRUM en aquest projecte ja que l'equip de desenvolupament és molt petit (una persona) i perquè el tutor del projecte exercia naturalment el rol de client o Product Owner al haver contractat a l'autor per desenvolupar aquest producte, i per tant era del seu interès controlar les iteracions o "sprints" del treball per mitjà de reunions setmanals.

A l'inici del projecte, es va realitzar un disseny inicial de l'aplicació i va ser presentat al Product Owner, qui després va suggerir una sèrie de canvis. A continuació, es va realitzar una planificació basada en dues etapes de desenvolupament: la primera contindria totes les iteracions necessàries per implementar totes les funcionalitats bàsiques de l'aplicació, i la segona es centraria en la millora d'aquestes funcionalitats a més de la implementació de les funcionalitats pertinents a la usabilitat de l'aplicació i a la seva presentació (interfície d'usuari). Al Apartat 4 s'explicarà aquesta planificació amb més detall.

El treball va quedar organitzat en sprints d'una setmana a l'inici del projecte, i més endavant en sprints de dues setmanes. Al final de cada sprint, el Product Owner tenia l'oportunitat de supervisar i testejar les funcionalitats implementades i suggerir canvis i millores.

4. Planificació

A l'inici del projecte, es va planificar el desenvolupament del projecte en dues grans etapes:

- **Etapa 1 – Versió Funcional:** La versió funcional de l'aplicació implementa tots els requeriments mínims, com per exemple la capacitat de calcular i mostrar recomanacions d'insulina ràpida (bolus) i lenta (basal), poder canviar les unitats de mesura, poder canviar l'idioma de l'aplicació, veure la finestra d'estadístiques i modificar les dades que es mostren, afegir mesures de glucosa i modificar les dades del pacient. Aquesta versió permet un testeig bàsic de totes les funcionalitats principals que tindrà la versió final, encara que la interfície d'usuari sigui molt bàsica i no compleixi tots els requeriments d'usabilitat. Aquesta versió està pensada per ser utilitzada per l'equip de desenvolupament i no per usuaris finals. La data límit per desenvolupar aquesta versió es va fixar al juny de 2018.
- **Etapa 2 – Versió Final:** La versió final de l'aplicació implementa tots els requeriments. En comparació amb la versió funcional, millora considerablement la interfície d'usuari. S'implementen funcionalitats menys prioritàries, com la capacitat per obtenir dades amb el servei de Google Fit. També s'afegeixen millores com encriptació de dades, neteja de codi per facilitar posteriors modificacions, juntament amb l'ús de codi més flexible i reutilitzable. La data límit per desenvolupar aquesta versió es va fixar l'agost de 2018.

Un cop planificades les etapes de desenvolupament, es va realitzar un disseny inicial de l'aplicació, a nivell d'interfície. En aquest disseny es mostrava una versió ideal de l'aplicació que complia tots els requeriments, de forma que pogués esdevenir l'objectiu per la versió final. Aquest disseny va ser aprovat pel Product Owner i llavors el desenvolupament es va donar per començat al febrer de 2018.

Seguint la metodologia de treball escollida, es van planificar una sèrie de sprints, on s'haurien d'implementar una sèrie de funcionalitats en un període d'una o dues setmanes. Al acabar un sprint, es realitzaria una reunió amb el Product Owner que supervisaria els avenços i proposaria nous canvis o funcionalitats. Amb aquesta planificació, es va crear una cronologia inicial força optimista, com podem veure a la [Figura 4.1](#), ja que predeia que el desenvolupament de la versió funcional acabaria a finals d'abril de 2018, i la versió final estaria enllestida durant l'inici de maig de 2018.

Al final, no es va poder complir la cronologia inicial, la versió funcional va estar enllestida finalment al maig de 2018, i després la versió final es va donar per acabada a l'agost de 2018. La falta d'experiència amb Android per part del autor del projecte van provocar que la implementació de certes funcionalitats s'endarrerissin unes setmanes. Aquesta cronologia final es pot veure a la [Figura 4.2](#).

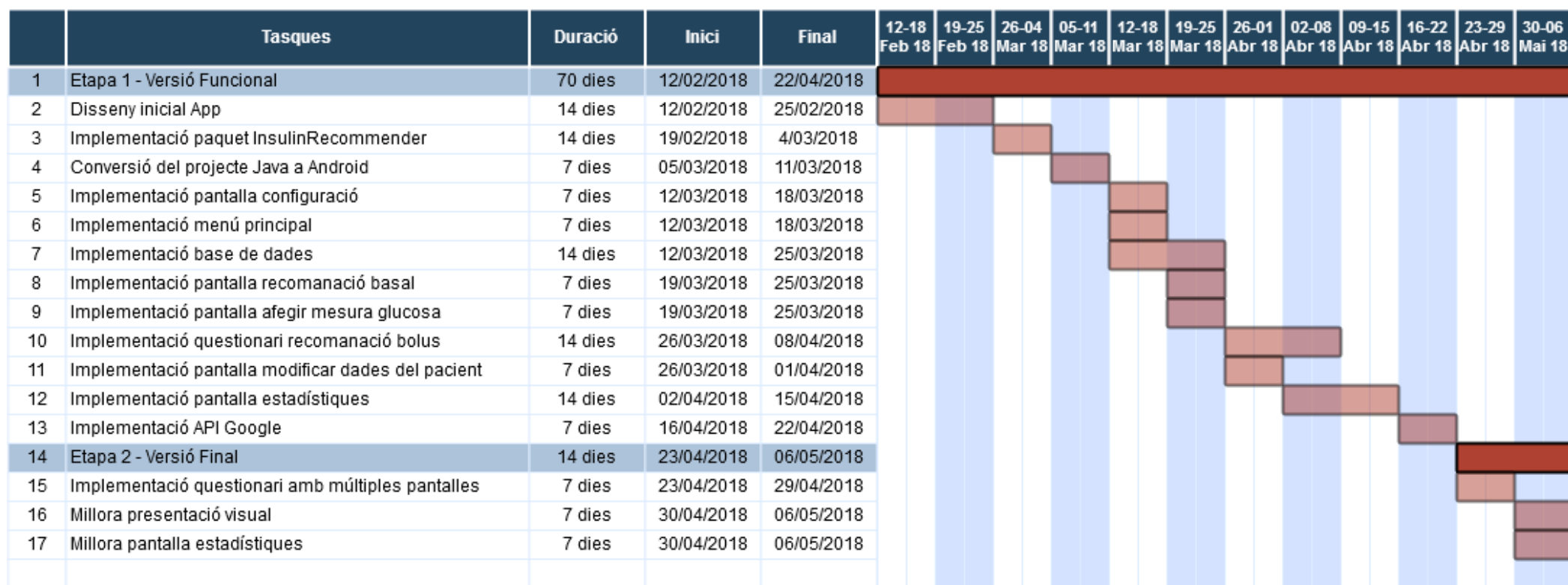


Figura 4.1: Cronologia inicial

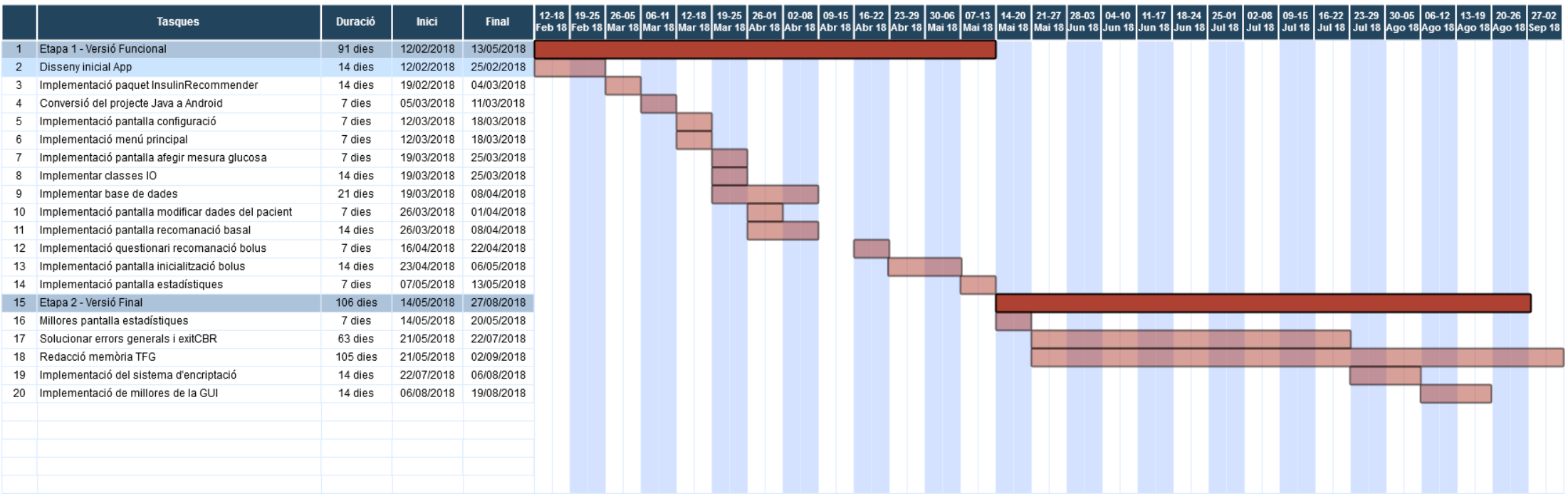


Figura 4.2: Cronologia final

5. Marc de treball i conceptes previs

En aquest apartat s'expliquen els conceptes relacionats amb el desenvolupament del projecte. S'explicarà quines solucions pretén aportar el projecte PEPPER i del paper que té el grup eXiT dins aquest projecte. Després es donaran algunes nocions bàsiques sobre el funcionament del sistema Android per facilitar la comprensió d'alguns dels reptes afrontats durant la fase d'implementació del projecte. I finalment es descriurà amb més detall la malaltia de la diabetis de tipus 1 i els problemes que comporta.

5.1. Marc de treball

En aquest apartat es descriurà amb detall el marc de treball del projecte: el projecte PEPPER i el grup eXiT.

5.1.1. Projecte PEPPER

El projecte PEPPER és un projecte subvencionat pel Programa d'Investigació e Innovació Horitzó 2020 de l'Unió Europea (Grant Agreement N° 689810). El projecte té com a objectiu el desenvolupament d'un sistema personalitzat i adaptatiu de suport a la presa de decisions per a diabetis tipus 1 que permeti als pacients millorar l'auto-gestió de la malaltia. PEPPER es va iniciar el 2016 i té una durada de 3 anys. El projecte està coordinat per la Oxford Brookes University i també hi participen la Universitat de Girona, l'Imperial College of London, Institut d'Investigació Biomèdica de Girona, Romsoft SRL i Cellnovo Limited. [10]

El disseny del sistema PEPPER involucra als usuaris en cada etapa per assegurar que el sistema satisfaci les necessitats dels pacients i generi resultats clínics prevenint episodis adversos i millorant la qualitat de vida. Això s'aconsegueix amb el desenvolupament d'un innovador sistema adaptatiu de suport a la presa de decisions que utilitza raonament basat en casos combinat amb models predictius. Aquestes eines ofereixen assessorament adaptat a la persona, integrant sistemes de salut personals amb fonts amplies i diverses de dades fisiològiques, d'estil de vida, ambientals i socials.

El projecte també investiga fins a quin punt els factors de conducta humana i els problemes d'usabilitat han obstaculitzat prèviament l'adopció més àmplia de sistemes d'orientació personal para la gestió personalitzada de malalties cròniques. El projecte es centrarà inicialment en les persones amb diabetis que es tracten amb dosis d'insulina basal i bolus, però el resultat de la investigació es pretén extrapolar a altres malalties cròniques.

Hi ha un fort èmfasi en la seguretat en termes mèdics, comunicant clarament prediccions de glucosa, consells de dosatge, alarmes, límits i incerteses per augmentar la consciència individual dels riscos que comporten efectes adversos com la hipoglucèmia o hiperglucèmia. Tots els components s'adhereixen als estàndards dels dispositius mèdics per afavorir la interoperabilitat amb sistemes de salut existents i productes comercials.

S'espera que l'arquitectura resultant millori les interaccions amb els professionals de la salut i proporcionï un marc genèric per proporcionar suport de decisió mòbil adaptable, amb capacitat d'innovació.

5.1.2. Grup eXiT

“El grup eXiT és un grup de recerca interdisciplinari del Institut d’Informàtica i Aplicacions de la Universitat de Girona (codi GRCT 41), involucrat en projectes de recerca nacionals i internacionals (2017 SGR 1551).

L’activitat de recerca principal del grup es centra en l’aplicació de principis d’intel·ligència artificial (data mining, raonament qualitatiu, raonament basat en casos, subhastes... etc) i Machine Learning per donar suport a processos de presa de decisions. Aquesta recerca es dona principalment en dos camps d’aplicació: Medicina/Salut i Smart Cities/Smart grids.

Els membres d’aquest grup participen en les activitats acadèmiques del Programa de Doctorat en Bioinformàtica interuniversitari i dirigeixen tesis doctorals en el Programa de Tesis Doctorals en Tecnologia en la mateixa Universitat.”⁴

Apart del projecte PEPPER, el grup eXiT ha treballat en el projecte MoSHCA, on també han desenvolupat sistemes d’atenció sanitària per a pacients crònics, com una aplicació Android de monitorització de nadons prematurs.

5.2. Conceptes previs

En aquest apartat es presentaran conceptes previs sobre el sistema operatiu Android i la diabetis de tipus 1.

5.2.1. Nocions bàsiques sobre el sistema operatiu Android

A continuació es presenten una sèrie de conceptes i vocabulari bàsics sobre el sistema operatiu Android que pot ajudar a comprendre les particularitats i reptes de disseny i programació que va comportar el desenvolupament d’aquest treball (Apartats 8 i 9).

Nomenclatura de versions Android

Per referir-se a una versió Android, generalment es fan servir tres maneres: el seu nombre de versió (4.4), el seu nom associat (KitKat) o el seu nombre “API” (API 19).

Activity

Una Activity és el component bàsic que conforma una aplicació en Android o “App”. Sol ser equivalent a una “pantalla”, i la seva lògica es programa mitjançant classes Java.

⁴ Traduït del anglès, descripció del grup eXiT a la seva pàgina oficial [27]

Activity Stack

Una aplicació d'Android ha de contenir com a mínim una Activity, si en té més d'una, es considera que l'aplicació conté una pila d'Activities, o Activity Stack. Cada cop que una Activity s'inicialitza, aquesta apareix per sobre de l'Activity actual. D'aquesta forma, quan es retorna d'una Activity, ja sigui programàticament o per acció de l'usuari al fer clic al botó d'enrere del dispositiu, l'Activity que es troba més a dalt de la pila es destrueix i es mostra l'Activity de darrere. També quan l'usuari fa clic en el botó "Home" del dispositiu, totes les Activities del Activity Stack queden pausades i desapareixen de vista.

Activity Lifecycle

Es diu que cada Activity té un cicle de vida, o Activity Lifecycle. Ja que des del moment en que es crea, pot passar per diversos estats:

- **Creada:** quan l'Activity s'acaba de crear.
- **Inicialitzada:** quan l'Activity es visible per primer cop després de la seva creació o quan es torna a iniciar després d'haver estat **Detinguda**.
- **Pausada:** quan l'Activity es troba parcialment visible. Part de la seva lògica queda pausada a l'espera d'instruccions.
- **Detinguda:** quan l'Activity es troba oculta. La seva lògica queda totalment detinguda, a l'espera de que torni a ser visible.
- **Resumida:** quan l'Activity torna a ser visible després d'haver estat **Pausada**.
- **Destruïda:** quan l'Activity desapareix permanentment.

Quan es produeix un canvi d'estat, cada Activity té associat un mètode que s'executa en cada cas, i que pot ser re-programada pel programador, com per exemple el mètode onCreate(), que s'executa cada cop que una Activity es crea. Aquesta és la forma típica de programar el funcionament d'una Activity. Simplement re-programant el mètode onCreate() permet configurar la interfície gràfica d'una Activity i les accions que es duren a terme al fer clic en diferents punts d'aquesta interfície (com per exemple botons).

El cicle de vida d'una Activity, juntament amb els mètodes associats a cada canvi d'estat, es poden veure representats gràficament a la [Figura 5.1](#).

El sistema operatiu Android és qui controla el cicle de vida de les Activities, encara que es pot programar una Activity perquè demani un canvi d'estat ella mateixa. És important tenir en compte que el S.O pot en qualsevol moment destruir o canviar d'estat les Activities d'una aplicació per falta de memòria o per optimitzar els recursos del dispositiu, es per això que resulta imperatiu que quan es programa en Android es faci tenint en compte la volatilitat de les Activities (sobretot tenint cura de guardar i recuperar les dades que es poden perdre en el procés).

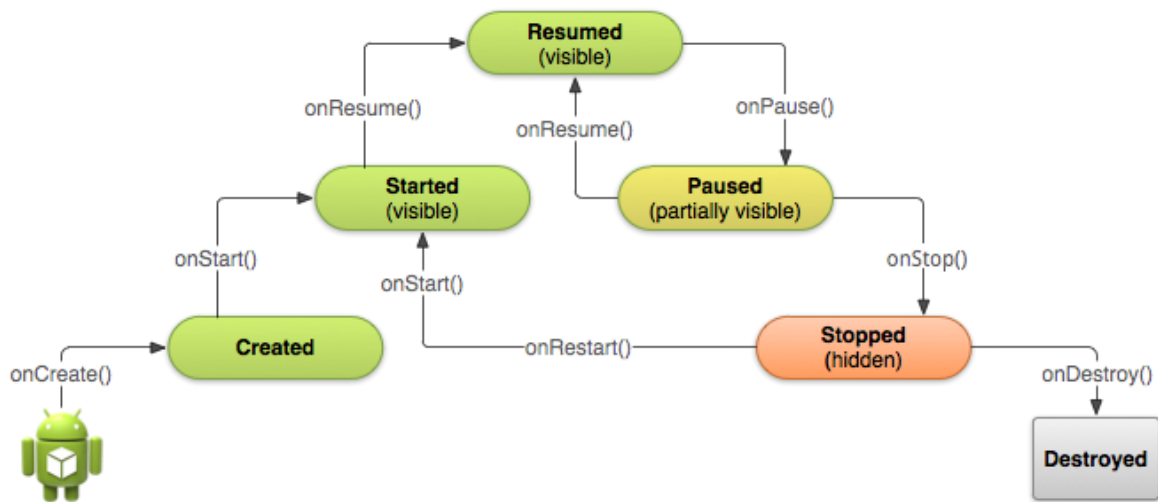


Figura 5.1: Representació gràfica del Activity Lifecycle [11]

View

Un objecte View és el component més bàsic de la interfície gràfica d'usuari (GUI). Aquests objectes solen ocupar un àrea rectangular, poden rebre i disparar events, i disposen de funcions que controlen com es dibuixa. N'hi ha de dos tipus:

- **View:** solen ser botons, textos, imatges, etiquetes... etc
- **ViewGroup:** agrupa altres objectes View i els organitza: LinearLayout, TableLayout... etc

La interfície gràfica d'una Activity es troba composta d'una jerarquia d'objectes View, i sol estar definida en fitxers "layout" en format xml.

A cada Activity es poden definir "listeners" que reben els events que disparen els objectes View i actuen en conseqüència. Per exemple, es pot definir un listener onClick() que detecti quan es faci clic a un determinat botó, i realitzi l'acció associada al botó.

Per acabar, totes les Activities tenen un objecte View com a arrel, que determina la distribució (layout) de la interfície gràfica.

Fragment

Un Fragment representa una porció de la GUI d'una Activity. Un Fragment ha d'estar associat sempre a una Activity, però també pot haver-hi més d'un Fragment associat a una mateixa Activity. Es pot veure una representació del seu ús a la [Figura 5.2](#).

Els Fragments, al igual que les Activities, contenen una interfície composta per una jerarquia d'objectes View. També tenen un cicle de vida similar, l'anomenat Fragment Lifecycle.

Existeixen per poder ser reutilitzats a diferents Activities i per tant, reciclar codi. Es per això que es sol recomanar el seu ús, tot i que son elements opcionals.

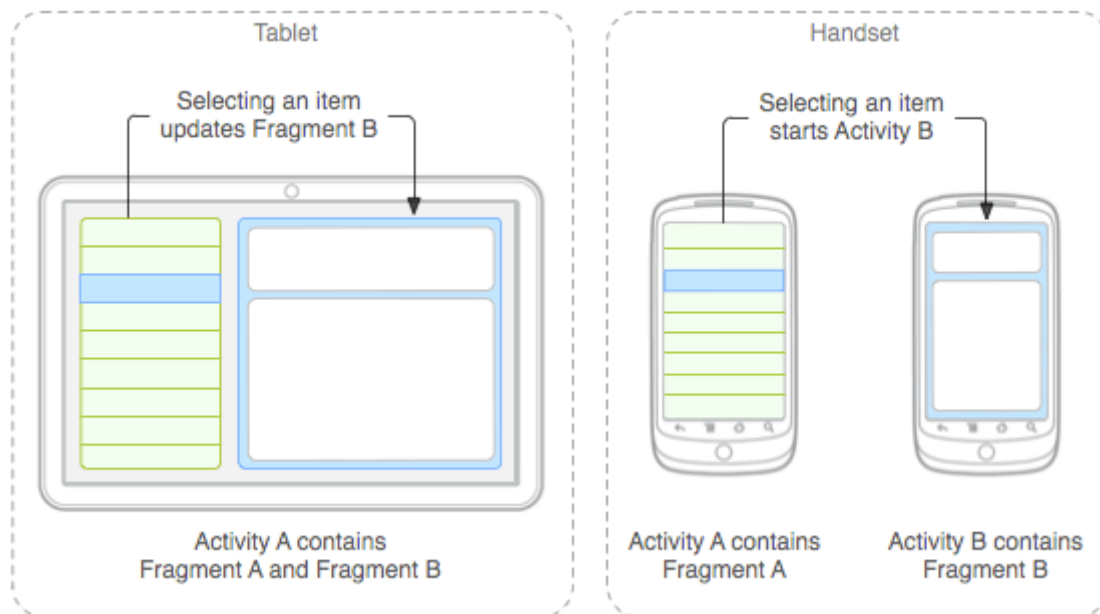


Figura 5.2: Representació de l'ús de Fragments en una aplicació. [12]

Opcions d'emmagatzematge

Tenint en compte la volatilitat de les dades que hi pot haver en una aplicació Android a causa del Activity Lifecycle, és molt important disposar d'opcions d'emmagatzematge de dades locals. En Android generalment en trobem tres opcions:

- **Shared Preferences:** És tracta d'un magatzem amb valors de tipus "Valor:Clau", i que es comparteix amb altres aplicacions.
- **Magatzem Intern:** Utilitza el sistema de fitxers d'Android per guardar arxius, per defecte l'accés al magatzem intern és privat per a cada aplicació (l'aplicació només pot accedir a les seves dades, i l'usuari tampoc hi pot accedir directament).
- **Magatzem Extern:** Utilitza el sistema de fitxers d'Android per guardar arxius, l'accés al magatzem extern sol ser públic (tant l'usuari com altres aplicacions hi poden accedir lliurement).
- **Base de Dades SQLite:** El sistema operatiu Android suporta per defecte bases de dades SQLite. Són bases de dades simples gestionades per mitjà d'SQL. Degut a la seva simplicitat, no es recomanen per un ús intensiu o massa complex.

5.2.2. La diabetis tipus 1

La diabetis de tipus 1 o diabetis mellitus tipus 1, és una malaltia autoimmunitària crònica que provoca la destrucció de les cèl·lules beta del pàncrees encarregades de produir insulina i, per tant, metabolitzar la glucosa. Això impossibilita el control de la glucosa en sang per part del propi cos, provocant nivells perillosament alts (hiperglucèmia) o baixos (hipoglucèmia). La hiperglucèmia pot provocar, a llarg termini, vàries complicacions micro-vasculars, com la retinopatia, nefropatia o neuropatia, i macro-vasculars, com la malaltia coronària, el vessament cerebral o la malaltia vascular perifèrica. D'altra banda, les hipoglucèmies poden provocar descoordinació, problemes alhora de parlar, pèrdua de consciència, convulsions o la mort.

La causa d'aquest tipus de diabetis és desconeguda, però es creu que pot ser deguda a una combinació entre genètica i factors ambientals. Es caracteritza per aparèixer durant la joventut, generalment abans dels 30 anys.

El tractament consisteix en el subministrament d'insulina al llarg del dia (a diferència d'altres tipus de diabetis, que es poden controlar amb una dieta estricta i exercici). Es pot subministrar de forma automàtica amb una bomba d'insulina o per mitjà de vàries injeccions subcutànies. L'objectiu és emular la segregació d'insulina per part de les cèl·lules beta i així poder metabolitzar la glucosa i mantenir el nivells de glucosa en sang entre 80 i 140 mg/dl (4.4–7.8 mmol/l).

Generalment es fan servir dos tipus de dosis d'insulina: una d'acció ràpida (bolus) que actua en uns 15 minuts i una d'acció lenta (basal), que serveix per tot el dia. La insulina bolus té l'objectiu de metabolitzar la glucosa associada a ingestes d'hidrats de carboni. D'altra banda, la insulina basal té l'objectiu de metabolitzar la segregació de glucosa, més o menys constant al llarg del dia, per part del fetge. Típicament, els pacients prenen una dosi basal al principi del dia, i una dosi bolus abans de cada àpat.

6. Requisits del sistema

Aquesta secció descriu els requisits finals de l'aplicació GlucApp, un cop acabades les dues etapes de desenvolupament, amb els canvis constants que comporta la metodologia àgil.

6.1. Requisits funcionals

Els requisits funcionals finals de GlucApp són els següents:

- **Dades del pacient:** Ha de permetre a l'usuari introduir la següent informació:
 - Rang de glucosa en sang objectiu (Mínim, Màxim i Punt mitjà).
 - Pes corporal.
 - Indicar si vol que el recomanador de bolus pregunti sobre el cicle menstrual. Aquesta informació és imprescindible perquè funcionin els recomanadors. Per tant, si l'usuari encara no l'ha emplenat, l'intent d'accedir als recomanadors el portarà a aquesta finestra.
- **Afegir mesures de glucosa:** L'usuari ha de poder introduir mesures de glucosa en qualsevol moment.
- **Unitats de mesura:** L'usuari ha de poder canviar les unitats de mesura de glucosa entre mg/dl i mmol/l. També ha de poder canviar les unitats de mesura de carbohidrats entre grams i racions (10 g).
- **Idioma:** L'usuari ha de poder canviar l'idioma de l'aplicació entre Castellà, Català i Anglès.
- **Recomanacions d'insulina:** S'ha de poder acceptar la dosi recomanada d'insulina o alternativament introduir una dosi manual (valor positiu més gran que 0.0).
- **Recomanador basal:** Quan s'obri per primer cop ha de demanar a l'usuari el TDD (Total Daily Dose) i el TDB (Total Daily Bolus) o la dosi basal d'insulina del dia anterior. Amb aquesta informació i el mínim de glucosa que ha especificat el pacient es donarà la recomanació pel dia actual i s'inicialitzarà el filtre de Kalman. Després, cada cop que es demani una recomanació, haurà d'actualitzar-se amb la mitjana de mesures de glucosa (comptant només les mesures obtingudes abans d'una dosi bolus) i el total de dosis d'insulina del dia anterior. En cas de que no hi hagi cap dosi bolus, no farà cap recomanació basal, i s'hi n'hi ha menys de 3 donarà un avís. El filtre de Kalman s'haurà de reajustar cada 7 dosis basals.
- **Recomanador bolus:** Al obrir-se per primer cop, ha de donar l'opció d'inicialitzar el recomanador amb valors de ICR (Insulin to Carbohydrates Ratio) i ISF (Insulin Sensitivity Factor) proporcionats pel pacient en franges horàries que equivalguin a un dia. Això permetrà donar recomanacions correctament adaptades al pacient des del primer dia. Tot i així, aquest pas s'ha de poder ometre (els valors per defecte són ICR = 20 i ISF = 80, de 0:00 a 23:59).
Abans d'oferir cada recomanació, s'haurà d'omplir un formulari on es preguntarà el següent a l'usuari:
 - **Carbohidrats de l'àpat:** Camp obligatori, en grams o racions. El valor ha de ser positiu més gran que 0.0 i no ha de superar els 500.0 g.
 - **Glucosa en sang:** Camp obligatori, en mg/dl o mmol/l. El valor ha de ser positiu més gran que 0.0 i no ha de superar els 2000.0 mg/dl.
 - **Activitat aeròbica passada:** Camp opcional. Pot ser Cap, Poc, Moderat o Intens.
 - **Activitat anaeròbica passada:** Camp opcional. Pot ser Cap, Poc, Moderat o Intens.

- **Activitat aeròbica planificada:** Camp opcional. Pot ser Cap, Poc, Moderat o Intens.
- **Activitat anaeròbica planificada:** Camp opcional. Pot ser Cap, Poc, Moderat o Intens.
- **Greixos:** Camp opcional. Pot ser Baix, Moderat o Alt.
- **Alcohol:** Camp opcional. Pot ser Baix, Moderat o Alt.
- **Son:** Camp opcional. Pot ser Baix, Moderat o Alt.
- **Felicitat:** Camp opcional. Pot ser Baix, Moderat o Alt.
- **Cansament:** Camp opcional. Pot ser Baix, Moderat o Alt.
- **Estrès:** Camp opcional. Pot ser Baix, Moderat o Alt.
- **Febre:** Camp opcional. Pot ser Sí o No.
- **Malaltia Digestiva:** Camp opcional. Pot ser Sí o No.
- **Temperatura Ambient:** Camp opcional. Pot ser Baix, Moderat o Alt.
- **Cicle Menstrual:** Camp opcional. Pot ser Premenstrual, Menstrual o per defecte.

Després d'omplir el formulari i en funció de les dades introduïdes i de les anteriors recomanacions bolus, l'aplicació oferirà la nova recomanació a l'usuari.

- **Finestra d'estadístiques:** S'han de poder visualitzar per mitjà de gràfiques les dosis d'insulina, amb la quantitat recomanada i la quantitat administrada per l'usuari. S'ha de poder escollir l'interval de temps que mostrin les gràfiques. També hi ha d'haver una gràfica de glucosa, amb totes les mesures de glucosa que ha introduït l'usuari, a més de la mitjana de glucosa del període seleccionat, el càlcul HbA1c⁵ i el percentatge de temps que ha transcorregut per sobre, dins o sota de l'objectiu glicèmic de l'usuari. En aquesta finestra també s'han de poder modificar o esborrar les dades que es mostren.
- **Restablir a estat de fàbrica:** Hi ha d'haver l'opció d'esborrar totes les dades i deixar l'aplicació en l'estat inicial.

6.2. Requisits no funcionals

Els requisits no funcionals de GlucApp són els següents:

- L'aplicació ha de poder funcionar com a mínim en tots els dispositius mòbils amb Android 4.4 o superior.
- No ha de requerir la instal·lació de software addicional o de dispositius especials pel seu ús (com una bomba d'insulina).
- S'han de complir tots els requeriments d'usabilitat i qualitat exigits per TICSalut a aplicacions mèdiques, fins al nivell 3 [veure [Annex 2](#)].
- Les dades recopilades han de mantenir-se en el magatzem intern del dispositiu i ocultes. En cap moment s'han de transmetre per internet.
- Totes les dades emmagatzemades s'han de trobar encriptades.
- L'aplicació ha de poder oferir recomanacions sense disposar de cobertura o accés a internet. Per tant, els algorismes de càlcul de dosis d'insulina han d'estar integrats a l'aplicació.
- La quantitat de recomanacions que l'usuari pot demanar ha de ser limitada a efectes pràctics.

⁵ Existeix una prova, anomenada HbA1c (Hemoglobina glicosilada), que mitjançant la mitjana de glucosa en sang dels últims 3 mesos, indica com de controlada es troba la malaltia amb un percentatge.

7. Estudis i decisions

En aquest apartat s'exposen els motius d'haver escollit una versió mínima d'Android pel desenvolupament del projecte i l'impacte que es pot esperar d'aquesta decisió, a més de quines llibreries externes de codi s'han fet servir i per què.

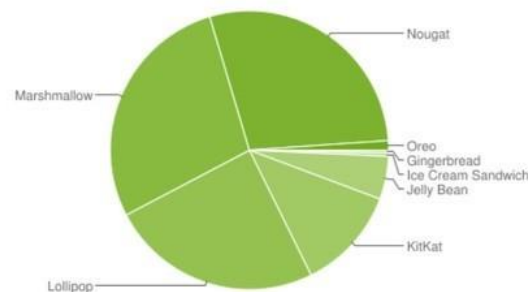
7.1. Versió d'Android

La decisió de suportar versions antigues d'Android és força important, ja que al fer-ho el mercat potencial d'usuaris de l'aplicació pot augmentar dràsticament, però té el gran inconvenient de perdre la majoria de funcionalitats modernes. Google proporciona sempre dades sobre la distribució dels S.Os Android actuals. En el IDE que s'ha fet servir durant aquest projecte, Android Studio, aquesta informació ve inclosa i actualitzada.

Inicialment, i durant la major part de la primera etapa de desenvolupament, es va escollir suportar fins a la versió mínima d'Android 4.1 (API 16), ja que segons la distribució proporcionada per Google en Febrer de 2018 (consultar [Figura 7.1](#)), el 99% dels usuaris feien servir Android 4.1 o superior.

Es va tenir cura d'escollir llibreries externes que fossin compatibles amb aquesta versió, però quan va començar la implementació del sistema d'encryptació es va fer evident la falta d'eines per gestionar la seguretat en versions tan velles. Especialment rellevant era la manca de l'Android Key Store, un sistema que s'encarrega d'emmagatzemar les claus d'encryptació d'una forma segura al dispositiu.

| Version | Codename | API | Distribution |
|------------------|-----------------------|-----|--------------|
| 2.3.3 - 2.3.7 | Gingerbread | 10 | 0.3% |
| 4.0.3 - 4.0.4 | Ice Cream Sandwich | 15 | 0.4% |
| 4.1.x | Jelly Bean | 16 | 1.7% |
| 4.2.x | | 17 | 2.6% |
| 4.3 | | 18 | 0.7% |
| 4.4 | KitKat | 19 | 12.0% |
| 5.0 | Lollipop | 21 | 5.4% |
| 5.1 | | 22 | 19.2% |
| 6.0 | Marshmallow | 23 | 28.1% |
| 7.0 | Nougat | 24 | 22.3% |
| 7.1 | | 25 | 6.2% |
| 8.0 | Oreo | 26 | 0.8% |
| 8.1 | | 27 | 0.3% |



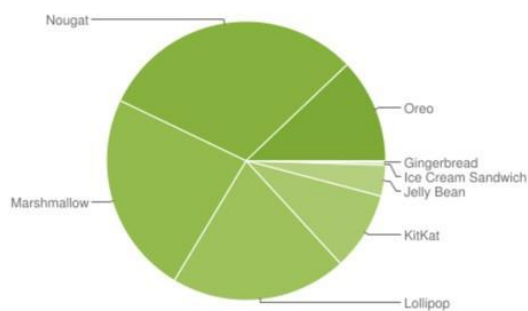
Data collected during a 7-day period ending on February 5, 2018.

Figura 7.1: Distribució de l'ús de les versions d'Android. Febrer 2018. [13]

Es va discutir el problema amb el Product Owner i al final es va decidir escollir la llibreria d'encriptació Tink, que requeria com a mínim la versió 4.4 d'Android per funcionar correctament. Per tant es va decidir moure la versió mínima de 4.1 (API 16) a 4.4 (API 19), per poder complir uns estàndards mínims de seguretat en quant a encriptació.

En el moment en que aquesta decisió es va prendre, al Juliol de 2018, la distribució de versions d'Android havia canviat, i el percentatge d'usuaris que feien servir la versió 4.4 o superior era del 95,9% (consultar [Figura 7.2](#)). En total, es va estimar una pèrdua de cobertura pel 3,1% dels usuaris, al passar del 99% al 95,9%.

| Version | Codename | API | Distribution |
|---------------|--------------------|-----|--------------|
| 2.3.3 - 2.3.7 | Gingerbread | 10 | 0.2% |
| 4.0.3 - 4.0.4 | Ice Cream Sandwich | 15 | 0.3% |
| 4.1.x | Jelly Bean | 16 | 1.2% |
| 4.2.x | | 17 | 1.9% |
| 4.3 | | 18 | 0.5% |
| 4.4 | KitKat | 19 | 9.1% |
| 5.0 | Lollipop | 21 | 4.2% |
| 5.1 | | 22 | 16.2% |
| 6.0 | Marshmallow | 23 | 23.5% |
| 7.0 | Nougat | 24 | 21.2% |
| 7.1 | | 25 | 9.6% |
| 8.0 | Oreo | 26 | 10.1% |
| 8.1 | | 27 | 2.0% |



Data collected during a 7-day period ending on July 23, 2018.
Any versions with less than 0.1% distribution are not shown.

Figura 7.2: Distribució de l'ús de les versions d'Android. Juliol 2018. [13]

7.2. Llibreries externes

Entre les decisions més importants preses al llarg del desenvolupament de GlucApp es troba la selecció de les llibreries externes utilitzades. A continuació es justifica la seva selecció i els permisos d'ús:

- **Llibreries de suport Android:** llibreries obligatòries per suportar versions antigues d'Android que venen incloses per defecte al crear projectes en Android Studio. Fan servir el paquet AppCompat.
- **eXiT CBR:** llibreria de raonament basat en casos i que conté les funcionalitats necessàries de l'algorisme de recomanació personalitzada de bolus desenvolupat pel grup eXiT.
- **Apache Commons/Guava IO:** llibreries per assistir en I/O. Concretament es volia simplificar el procés de llegir o escriure arxius de text mitjançant un únic objecte "String". Això té molta utilitat en aquest context ja que necessitem una forma àgil de llegir i guardar llistes de casos en un sol arxiu. Al principi del projecte es feia servir la llibreria d'Apache Commons, però va començar a donar problemes i finalment s'ha optat per utilitzar la llibreria Guava, que es troba optimitzada per funcionar en Android [14]. Guava fa servir la llicència de codi lliure Apache 2.0. [15]
- **Joda Time:** llibreria substitutiva de les classes de gestió de temps natives Java/Android [16]. Les seves funcionalitats estan considerades més útils i eficients que les incloses en versions Android antigues, com les d'Android 4.4 del nostre cas. Fa servir la llicència de codi lliure Apache 2.0. [15]
- **MPAndroidChart:** llibreria que permet dibuixar gràfics amb relativa facilitat, i compatible a partir d'Android 2.2 [17]. Fa servir la llicència de codi lliure Apache 2.0. [15]
- **Tink:** llibreria que simplifica el procés d'enciptació de dades. Ha estat desenvolupada per professionals del sector que volien potenciar la seguretat de les aplicacions Android en general, ja que fins ara, la immensa majoria no implementa els algorismes de seguretat correctament [18]. Aquesta llibreria realitza tot el procés de forma transparent, i està pensada per evitar que el programador s'hagi de preocupar. Requereix una versió mínima d'Android de 4.4 i fa servir la llicència de codi lliure Apache 2.0. [15]
- **ViewPagerIndicator:** una llibreria que conté diferents elements gràfics que s'han considerat útils per implementar millores a la interfície gràfica [19]. Fa servir la llicència de codi lliure Apache 2.0. [15]
- **BubbleSeekBar:** una llibreria que implementa una barra per introduir valors nominals visualment atractiva [20], s'ha fet servir durant el procés de millora de la interfície gràfica de l'aplicació. Fa servir la llicència de codi lliure Apache 2.0. [15]

8. Anàlisi i disseny del sistema

En aquesta secció s'expliquen les fases d'anàlisi de requeriments del disseny inicial i final.

8.1. Anàlisi i disseny inicial

A partir dels requisits funcionals, cal establir un flux d'execució per Android, és a dir, quines finestres hi hauran, com s'hi accediran i quin ordre hauran de seguir. Segons els nostres requisits es necessiten com a mínim aquestes finestres:

- **Menú principal:** primera finestra i que serveix com a índex de l'aplicació.
- **Configuració:** finestra accessible des de qualsevol punt de l'aplicació. Permet canviar l'idioma, les unitats de mesura, veure informació sobre l'aplicació i restablir l'aplicació a un estat de fàbrica.
- **Recomanador basal:** accessible des del menú principal. Consisteix en una finestra que mostra la recomanació basal del dia i que permet acceptar la dosi recomanada o afegir una dosi manual. Requereix una finestra addicional per afegir dades el primer cop que s'inicialitzi.
- **Recomanador bolus:** accessible des del menú principal. Porta al qüestionari de la recomanació bolus amb raonament basat en casos, que té múltiples finestres on cadascuna agrupa unes 3-4 preguntes, al acabar mostra una finestra on apareix la dosi recomanada. Igual que el recomanador basal, permet acceptar la dosi recomanada o afegir una dosi manual. També requereix una finestra addicional el primer cop per a poder inicialitzar el eXiTCBR amb dades introduïdes per l'usuari.
- **Afegir mesures de glucosa:** accessible des del menú principal. Aquesta finestra permet afegir mesures de glucosa.
- **Dades del pacient:** accessible des del menú principal. Aquesta finestra mostra les dades del pacient (rang glicèmic, pes,...) i permet canviar-les.
- **Finestra d'estadístiques:** accessible des del menú principal. Aquesta finestra mostra gràfics de glucosa i dosis bolus i basal, amb informació addicional a la part inferior. Permet editar les dades fent clic als punts sobre la gràfica o alternativament, a través d'una llista.

Internament, l'aplicació ha de guardar les dades dels recomanadors en format json, i ha de disposar d'una base de dades que guardi les dades de glucosa i les dosis d'insulina. Aquestes dades estaran encriptades amb una clau simètrica.

Aquest anàlisi permet realitzar el disseny inicial de l'aplicació que podem trobar a la [Figura 8.1](#), on es mostren gràficament totes les finestres de l'aplicació i l'ordre que l'usuari ha de seguir per arribar-hi:

- La primera finestra que l'usuari veu és l'**Inici** (color taronja en el diagrama). Des d'aquí es té accés a la resta de finestres: **Dades Addicionals Recomanador** (són les dades del pacient), **Recomanador Basal**, **Recomanador Bolus**, **Afegir mesures de glucosa** i **Estadístiques**. Totes aquestes finestres només poden ser accedides des d'aquest menú principal, a excepció de la finestra de **Configuració** (color blau), que es pot accedir des de qualsevol punt de l'aplicació.

- En la finestra del **Recomanador Basal** (color porpra) hi apareix un text o dibuix descriptiu amb instruccions per a l'usuari, la dosi recomanada (hi ha la capacitat d'acceptar-la o introduir una dosi manual) i finalment una petita gràfica amb les darreres dosis basals enregistrades del usuari.
- En la finestra de **Configuració** (color blau), es mostren les opcions (amb menús desplegable) per canviar l'idioma i les unitats de mesura. També hi ha una política de dades i una opció per restablir l'aplicació a estat de fabrica.
- En la finestra **Dades Addicionals Recomanador** (color verd) que més endavant s'anomenarà **Dades del Pacient**, permet al usuari introduir les dades personals que requereixen els recomanadors, com per exemple el pes corporal o el rang glicèmic.
- A la finestra d'**Estadístiques** (color vermell, part inferior) hi apareix una gràfica, la opció de quin tipus de gràfica es vol veure (dosis bolus, dosis basal o mesures de glucosa), i la selecció del període de temps que mostra la gràfica (data inicial i data final). Finalment, si es fa clic a un punt de la gràfica apareix una finestreta o “*pop-up*” amb informació de la dosi o mesura que representa. També permet editar o esborrar qualsevol d'aquestes dosis o mesures.
- En la finestra del **Recomanador Bolus** (color groc) primer hi apareix el qüestionari bolus, dividit en diferents sub-finestres segons el tipus de preguntes que contenen (activitat física, estat d'ànim, son... etc.).
 - Les finestres del qüestionari es poden arrossegar de dreta a esquerra o al revés (també hi han botons per desplaçar-se cap a la dreta o cap a l'esquerra, però el seu ús es consideraria opcional), permetent a l'usuari desplaçar-se ràpidament a través de les diferents “seccions” del qüestionari.
 - Dins de cada secció del qüestionari hi ha un text descriptiu o una imatge, el títol de la secció i, a la part inferior ha d'aparèixer un indicador de pàgina amb puntets (inspirat amb com ho fa Google).
 - La primera secció del qüestionari demana que l'usuari introdueixi els valors d'hidrats de carboni i de la glucosa pre-àpat, si no s'introdueixen aquests valors, no es permet finalitzar el qüestionari.
 - L'usuari pot finalitzar el qüestionari en qualsevol moment, per fer-ho hi ha un botó de “Finalitzar” a cada secció.
 - Un cop finalitzat el qüestionari, el recomanador dóna la seva recomanació en una finestra similar al **Recomanador Basal** (en el disseny inicial de la [Figura 8.1](#) es feien servir dues finestres, però més endavant es van ajuntar), amb la capacitat per acceptar la recomanació o introduir una dosi manual i una gràfica amb dosis anteriors.
 - En el cas de que el recomanador no pugui fer una recomanació, es mostrarà una finestreta alertant l'usuari i demanant que introdueixi una dosi manual.
- Més endavant es va afegir al disseny una finestra per **Afegir mesures de glucosa** (color cian), accessible també des del menú **Inici**. Aquesta finestra permet a l'usuari afegir una mesura de glucosa (en el disseny final es va afegir també una petita gràfica amb mesures de glucosa a la finestra).
- Es varen proposar altres idees com alertes o recordatoris (requadre vermell a la part superior del diagrama), però van ser desestimades en el disseny final.

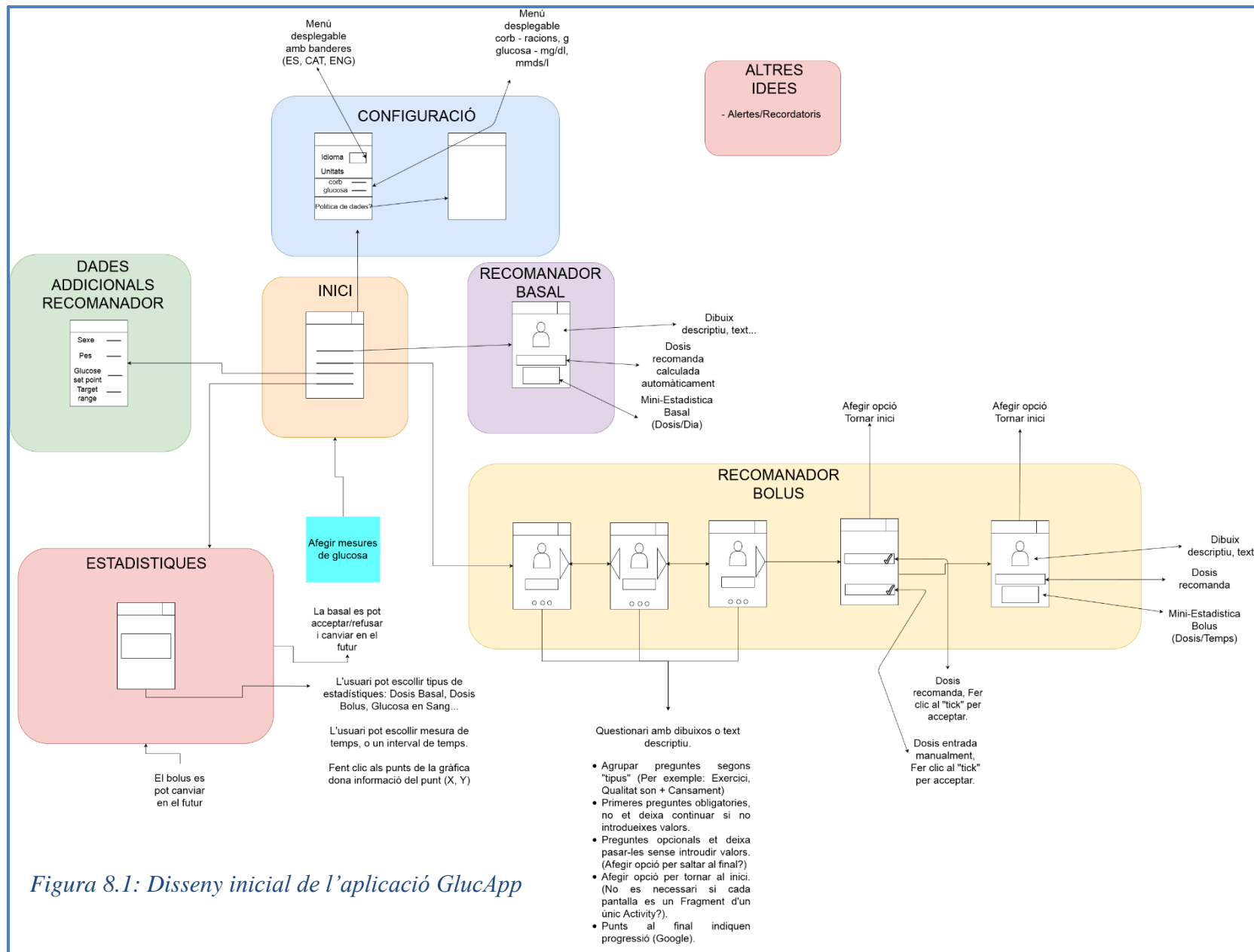


Figura 8.1: Disseny inicial de l'aplicació GlucApp

8.2. Disseny final

A continuació es descriu i mostra el model entitat-relació de la base de dades i els packages que conformen el disseny final de l'aplicació, juntament amb els diagrames de classe corresponents a cadascun.

8.2.1. Base de dades

La base de dades SQLite (veure Apartat 5.2.1) resultant i, per tant, el seu model entitat-relació (veure Figura 8.2) és senzill. Aquest consisteix de tan sols dues taules no relacionades entre sí, ja que no cal guardar informació de diferents usuaris:

- **glucose_measurement**: taula de mesures de glucosa. Conté la mesura de glucosa en mg/dl (*glucose_mg_dl*), la data en format de temps UNIX⁶, i un booleà que indica si la mesura va ser presa just abans d'una recomanació bolus (*pre_bolus*).
- **insulin_dosage**: taula de dosis d'insulina basal i bolus. Conté la dosis d'insulina recomanada (*recommended_dose*) i la dosis d'insulina acceptada per l'usuari (*accepted_dose*), que pot ser la mateixa o no. A més a més conté la data en format de temps UNIX (*date_timestamp*), i un atribut booleà que determina si es tracta d'una dosis d'insulina bolus o basal (*is_basal_dose*).

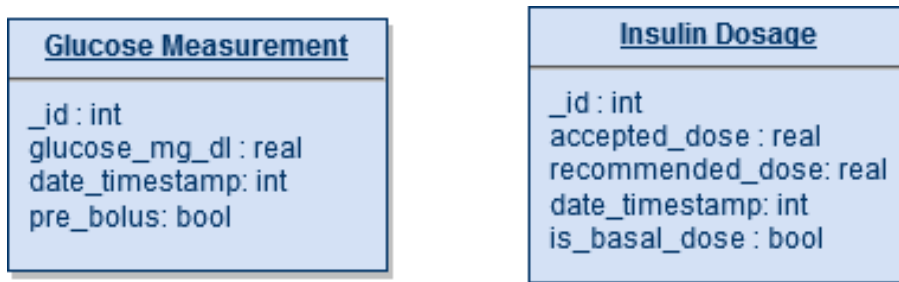


Figura 8.2: Diagrama entitat-relació de la base de dades.

⁶ Nombre de segons transcorreguts des del 01/01/1970 0:00 [22]

8.2.2. Packages Java

En aquest apartat es descriuen els packages Java que componen els projecte:

- **Activities:** conté totes les Activities (finestres) de l'aplicació. A la [Figura 8.3](#) es pot veure el diagrama de classes corresponent amb només títols, o alternativament, a la [Figura 8.4](#) es pot veure el mateix diagrama amb més detall.
- **Adapters:** conté un adaptador (**BolusFormFragmentsAdapter.java**) que configura els Fragments del qüestionari bolus en seccions (cada secció correspondria a una finestra o Fragment) per ser incorporats dins de l'Activity del qüestionari bolus. El diagrama de classes corresponent es pot veure a la [Figura 8.5](#).
- **data.Registry:** conté la implementació de les classes que requereix la base de dades SQLite. El diagrama de classes corresponent es pot veure a la [Figura 8.6](#).
 - **RegistryContract.java** defineix el “contracte” de la base de dades. S'utilitza per definir els noms i els atributs de les diferents taules, la configuració de la Base de Dades (BD), la versió actual, etc...
 - **RegistryException.java** defineix una excepció provocada per la base de dades que pot ser identificada i processada fora d'aquest package.
 - **RegistryHelper.java** és la classe principal que gestiona la base de dades i ofereix una interfície simple des d'on accedir-hi.
- **Dialogs:** conté implementacions personalitzades de finestres d'alerta o “*pop-ups*”. Concretament conté implementacions per a les finestretes que apareixen al fer clic a dades dins d'un gràfic. El diagrama de classes corresponent es pot veure a la [Figura 8.7](#).
- **Formatters:** conté la implementació de formatejadors d'informació, com per exemple, **HourAxisValueFormatter.java**, que formateja els valors que apareixen a l'eix de temps de les gràfiques perquè aparegui en un format llegible. El diagrama de classes corresponent es pot veure a la [Figura 8.8](#).
- **Fragments:** conté els Fragments de l'aplicació, com per exemple **StatsGraphFragment.java**, que conté un gràfic amb una interfície fàcil de configurar que es fa servir en múltiples Activities. A la [Figura 8.9](#) es pot veure el diagrama de classes corresponent amb només títols, o alternativament, a la [Figura 8.10](#) es pot veure el mateix diagrama amb més detall.
 - **Fragments.BolusForm:** conté tots els Fragments que componen cadascuna de les diferents seccions del qüestionari bolus.
- **IO:** conté les classes que gestionen el Input/Output del sistema de fitxers d'Android. Es fa servir per llegir i guardar els fitxers json que utilitzen els recomanadors. El diagrama de classes corresponent es pot veure a la [Figura 8.11](#).
 - **JsonIOController.java:** classe base amb operacions de lectura i escriptura bàsiques d'on deriven la resta de classes del package.
 - **BasalRecIOController.java:** gestiona els fitxers que fa servir el recomanador basal.
 - **BolusRecIOController.java:** gestiona els fitxers que fa servir el recomanador bolus.
 - **PatientDataIOController.java:** gestiona el fitxer on es guarda la informació del pacient.

- **IO.Encryption:** conté la classe **TinkHelper.java**, que gestiona l'enciptació de dades fent servir la llibreria Tink. El diagrama de classes corresponent es pot veure a la [Figura 8.12](#).
- **Listeners:** conté implementacions de *listeners* personalitzats per a esdeveniments que dispara la GUI. El diagrama de classes corresponent es pot veure a la [Figura 8.13](#).
- **models.InsulinRecommender:** implementa una interfície senzilla per operar els algoritmes recomanadors d'insulina. El diagrama de classes corresponent es pot veure a la [Figura 8.15](#).
 - **BasalRecommender.java:** conté la implementació del recomanador basal, basat en el filtre de Kalman.
 - **BolusRecommender.java:** proporciona una interfície senzilla que inicialitza i gestiona les crides que s'han de realitzar a la llibreria externa del eXiTCBR abans, durant i al acabar una recomanació bolus.
 - **BolusFormData.java:** representa tota la informació del qüestionari que cal omplir abans de cada recomanació bolus.
 - **GlucoseMeasurement.java:** representa una mesura de glucosa.
 - **InsulinDose.java:** representa una dosi d'insulina (bolus i basal). Conté la dosi recomanada i la dosi acceptada.
 - **InterpretPepper.java:** implementa una interfície que serveix per inicialitzar el eXiTCBR.
 - **PatientData.java:** representa tota la informació que cal guardar d'un pacient per fer funcionar els recomanadors.
- **Views:** conté la implementació d'elements personalitzats de la GUI. El diagrama de classes corresponent es pot veure a la [Figura 8.14](#).

Package Activities

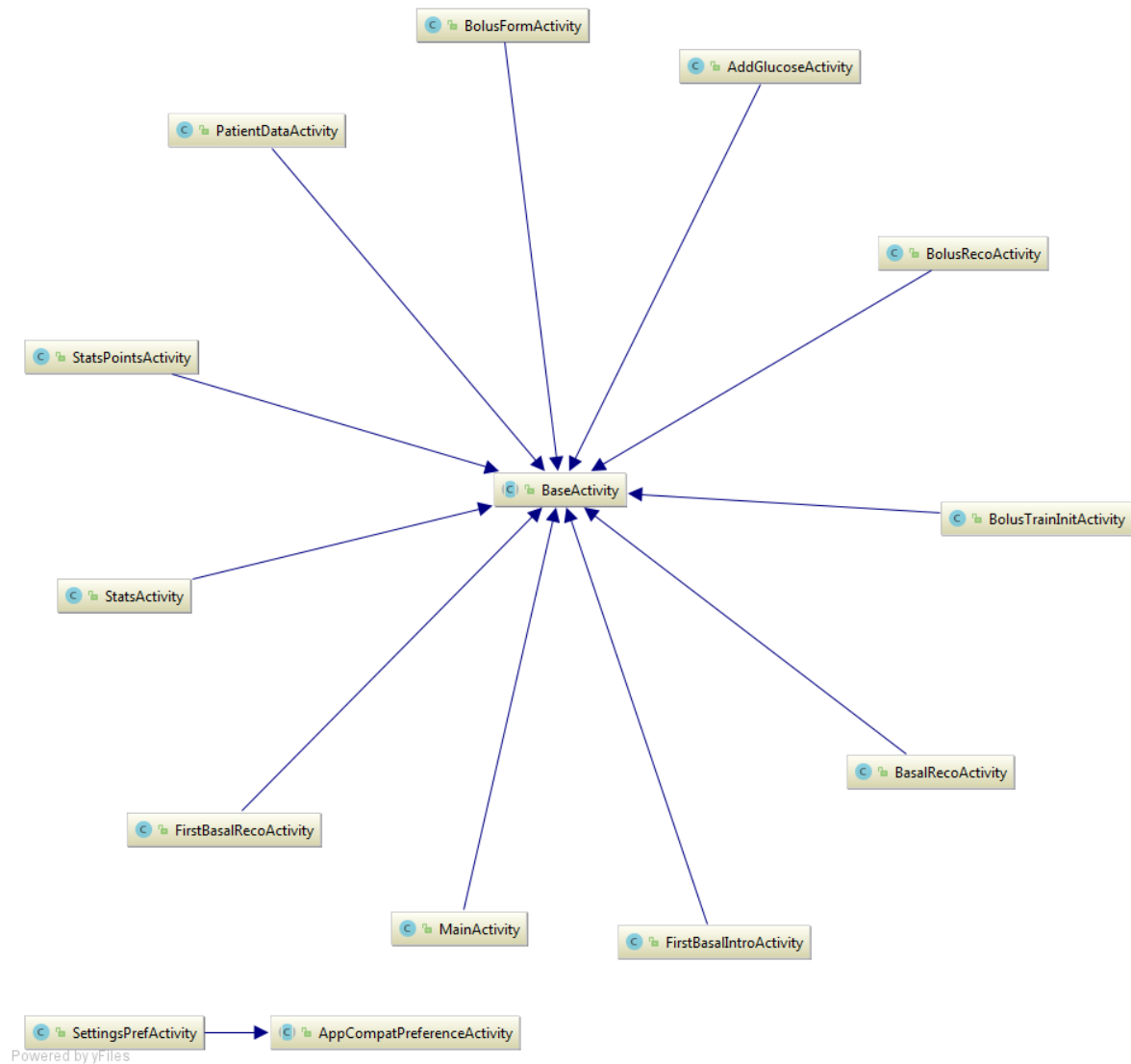


Figura 8.3: Diagrama de classes del package Activities. (Només títols)

Package Activities

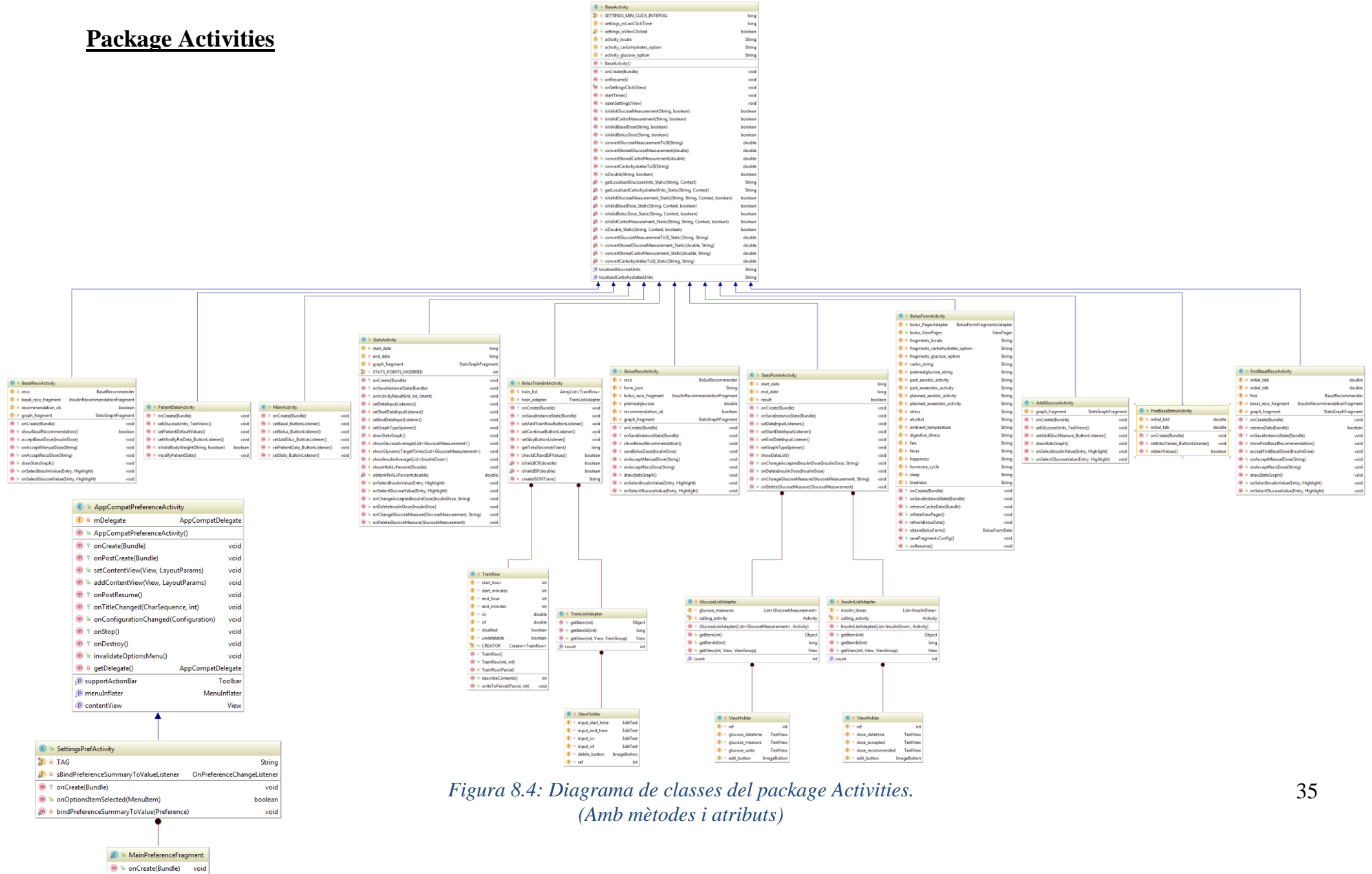


Figura 8.4: Diagrama de classes del package Activities. (Amb mètodes i atributs)

Package Adapters

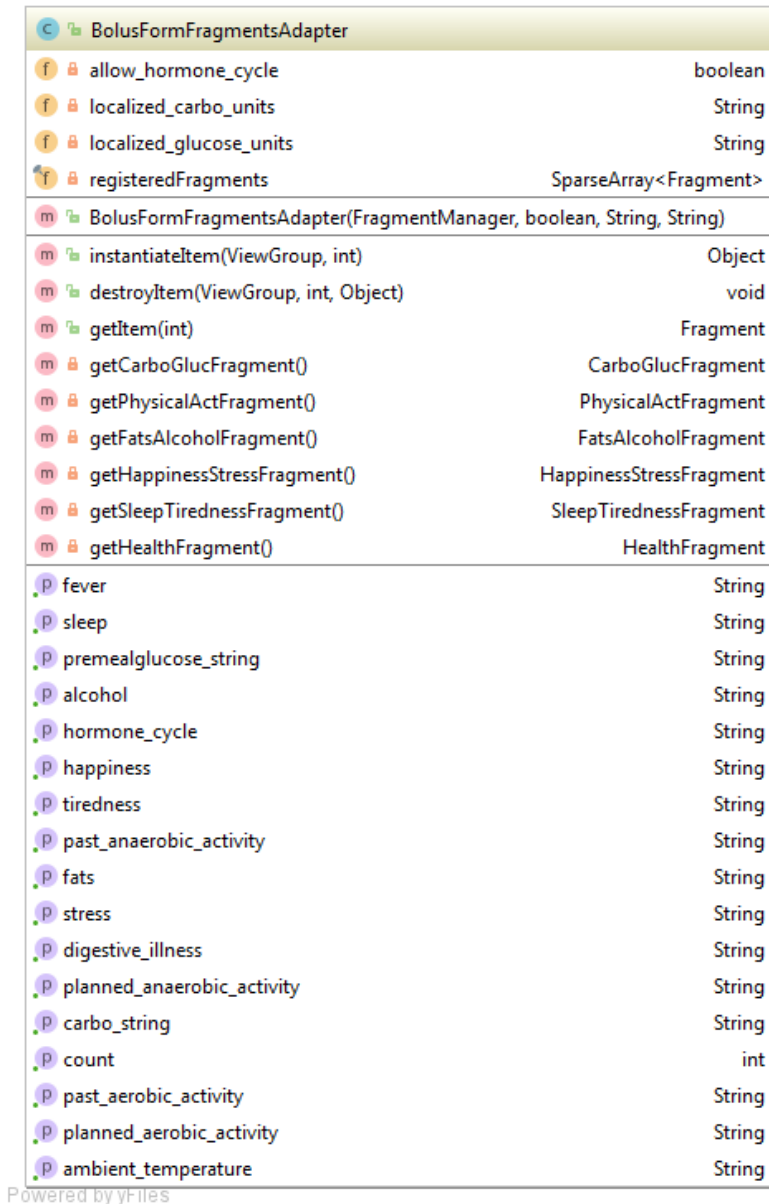


Figura 8.5: Diagrama de classes del package Adapters

Package data.Registry

| | | |
|----------------|--|--------------------------|
| RegistryHelper | | |
| f | sInstance | RegistryHelper |
| m | RegistryHelper(Context) | |
| m | getInstance(Context) | RegistryHelper |
| m | onConfigure(SQLiteDatabase) | void |
| m | onCreate(SQLiteDatabase) | void |
| m | onUpgrade(SQLiteDatabase, int, int) | void |
| m | resetInsulinData() | void |
| m | resetGlucoseData() | void |
| m | addGlucoseMeasurement(GlucoseMeasurement) | void |
| m | addInsulinDose(InsulinDose) | void |
| m | getMostRecentInsulinDose(boolean) | InsulinDose |
| m | getGlucoseMeasuresBetweenDates(long, long) | List<GlucoseMeasurement> |
| m | getGlucoseMeasuresSinceDate(long) | List<GlucoseMeasurement> |
| m | getInsulinDosesBetweenDates(long, long, boolean) | List<InsulinDose> |
| m | getBolusDosesBetweenDates(long, long) | List<InsulinDose> |
| m | getBolusDosesSinceDate(long) | List<InsulinDose> |
| m | getBasalDosesBetweenDates(long, long) | List<InsulinDose> |
| m | getBasalDosesSinceDate(long) | List<InsulinDose> |
| m | updateInsulinDose(long, double) | void |
| m | updateGlucoseMeasure(long, double) | void |
| m | deleteInsulinDose(long) | void |
| m | deleteGlucoseMeasure(long) | void |
| p | mostRecentBasalDose | InsulinDose |
| p | mostRecentBolusDose | InsulinDose |

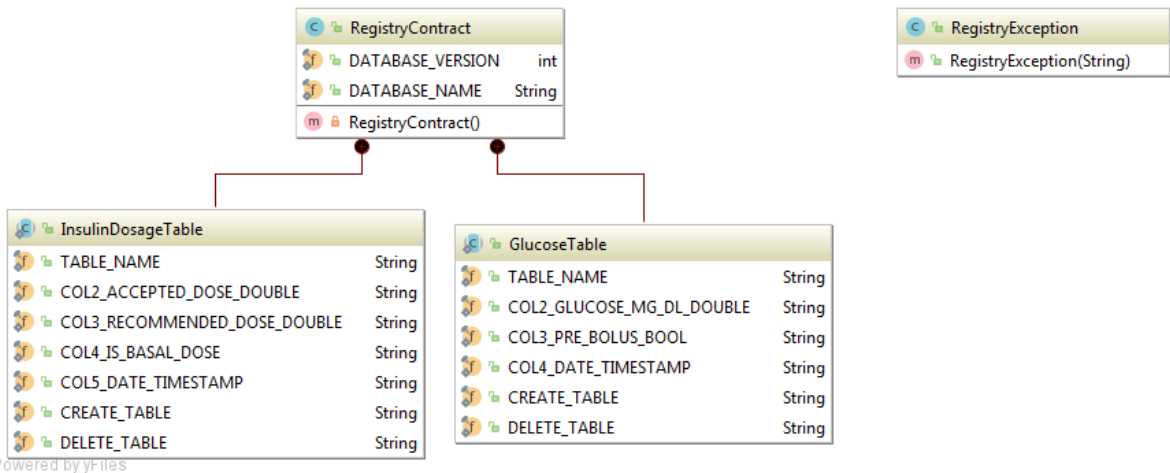


Figura 8.6: Diagrama de classes del package data.Registry

Packages Dialogs & Formatters

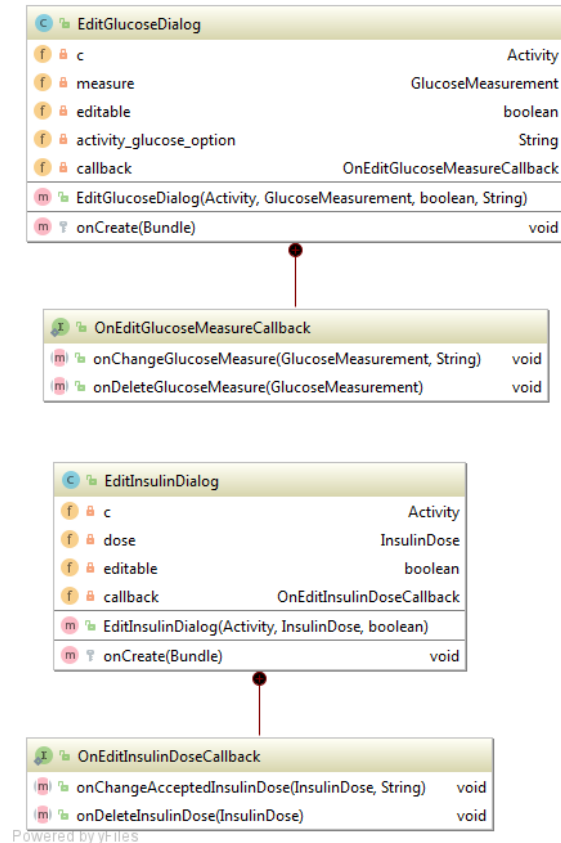


Figura 8.7: Diagrama de classes del package Dialogs

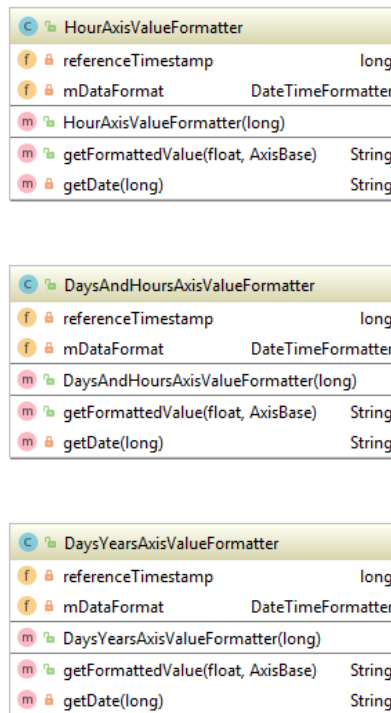


Figura 8.8: Diagrama de classes del package Formatters

Package Fragments

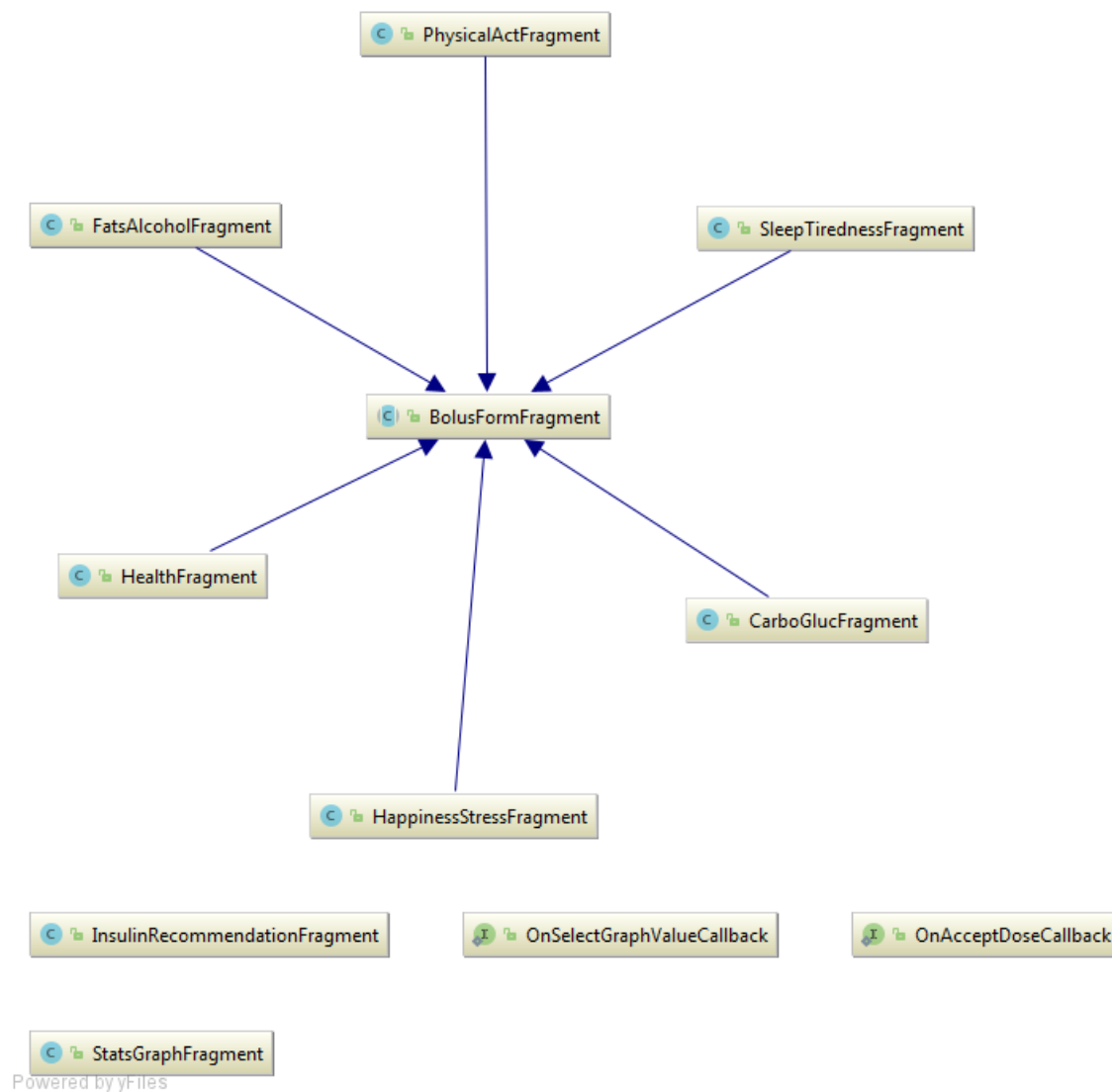


Figura 8.9: Diagrama de classes del package Fragments (Només títols)

Package Fragments

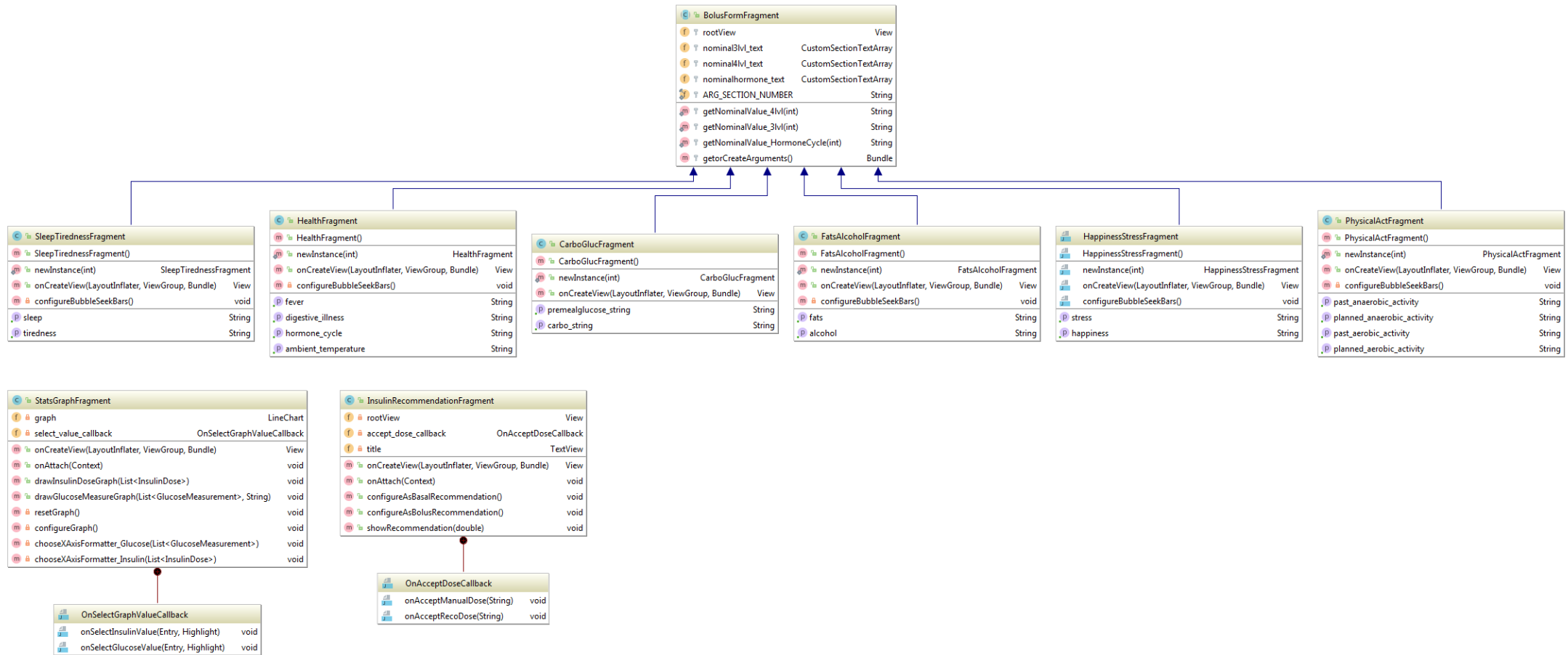


Figura 8.10: Diagrama de classes del package Fragments (Amb mètodes i atributs)

Package IO & IO.Encryption

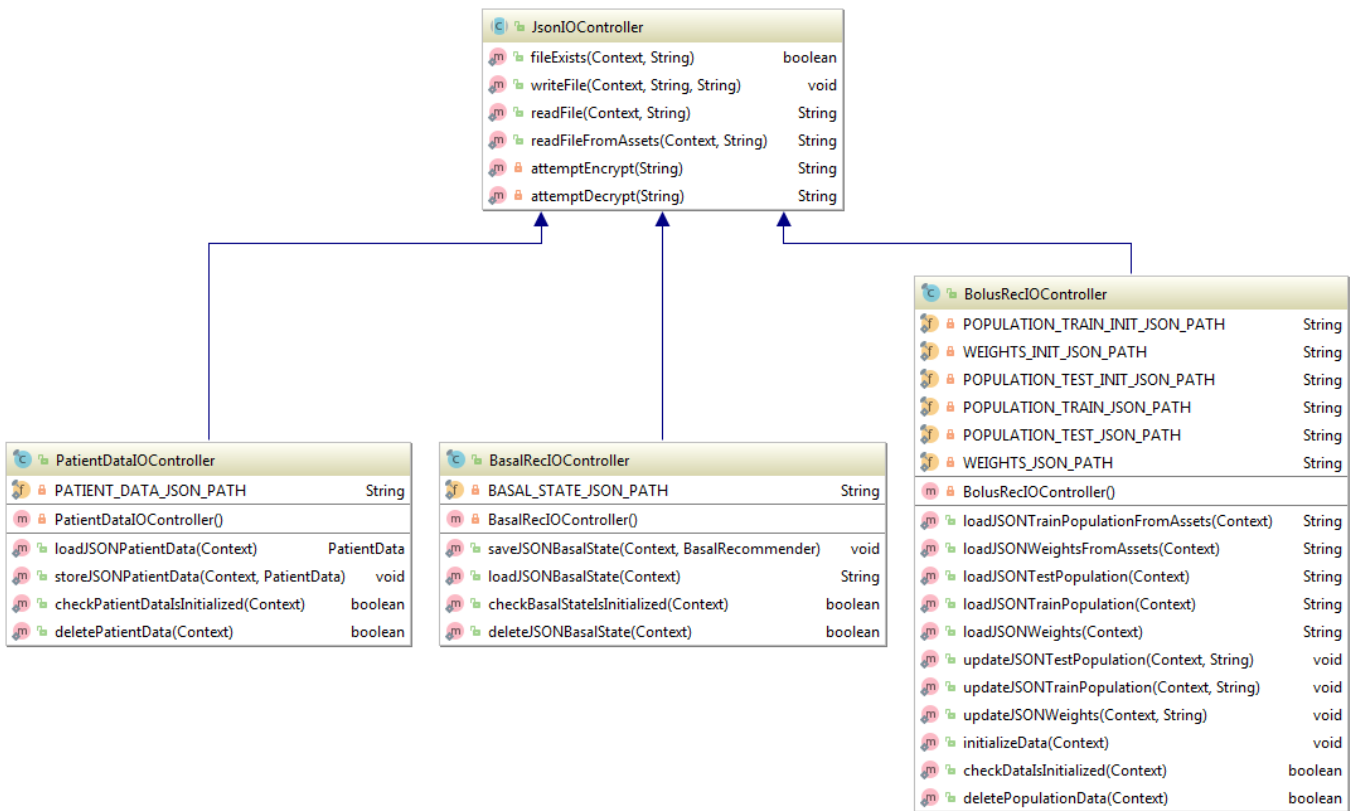


Figura 8.11: Diagrama de classes del package IO

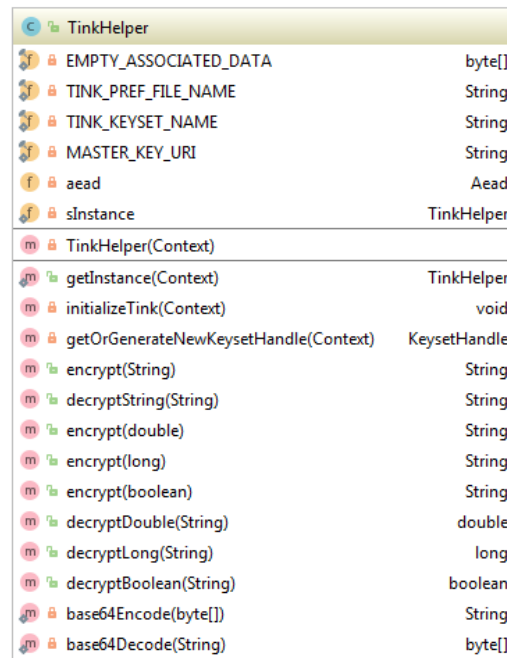


Figura 8.12: Diagrama de classes del package IO.Encryption

Packages Listeners & Views

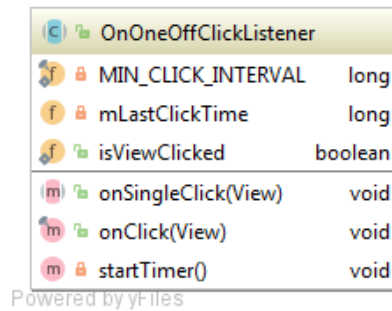


Figura 8.13: Diagrama de classes del package Listeners

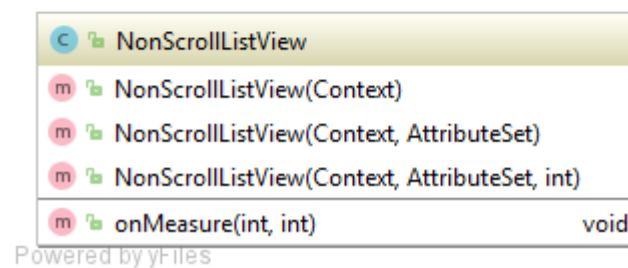
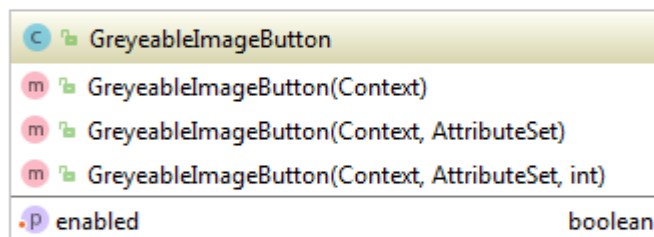
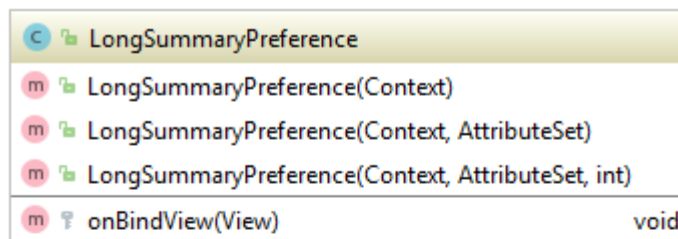


Figura 8.14: Diagrama de classes del package Views

Package models.InsulinRecommender

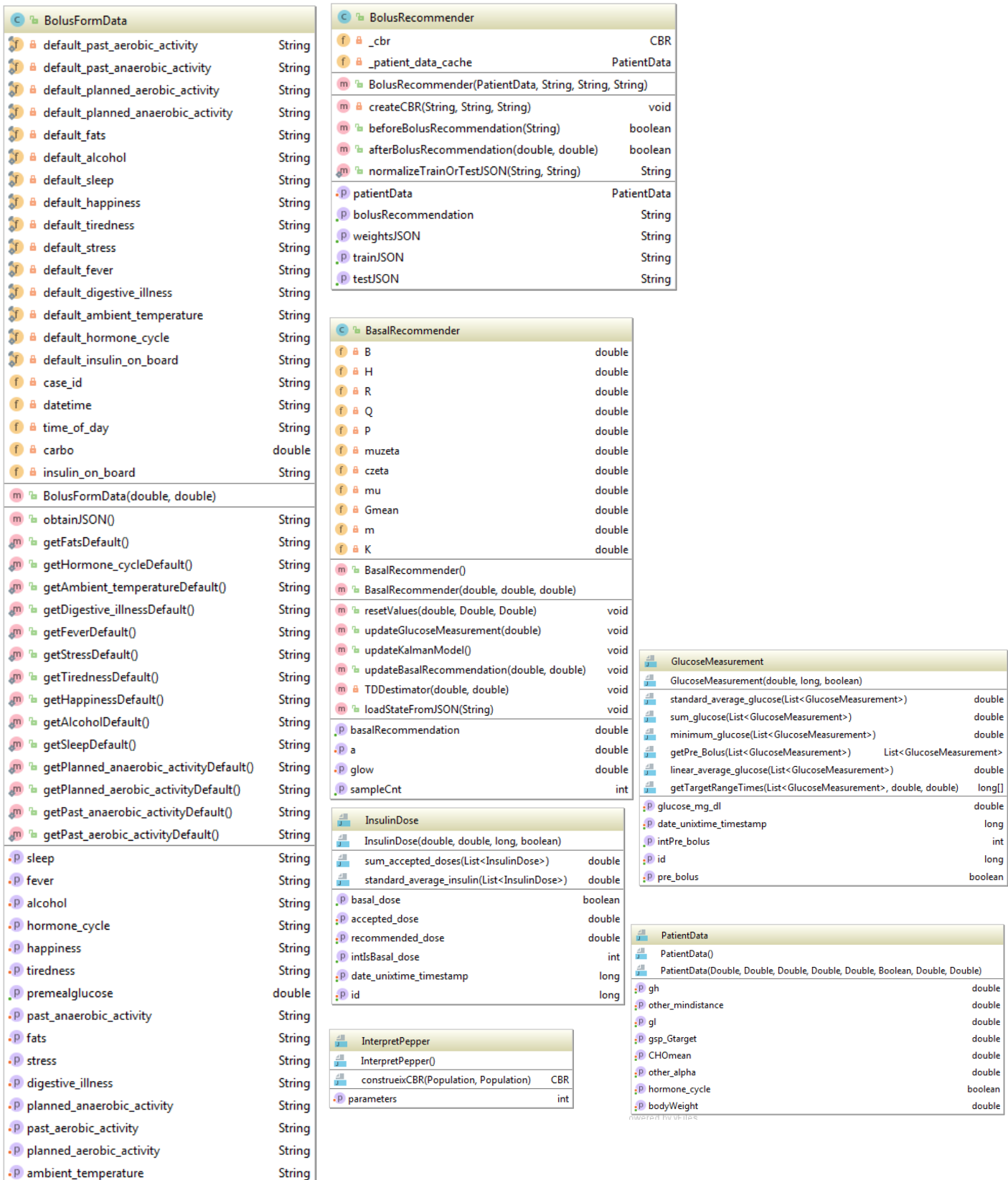


Figura 8.15: Diagrama de classes del package models.InsulinRecommender

9. Implementació i proves

A continuació es descriuen els principals problemes sorgits durant la fase d'implementació del projecte i com s'han solucionat.

9.1. Configuració d'idioma i unitats de mesura

És relativament fàcil en un projecte Android definir grups de texts o “Strings” associats a un idioma, per tal de que es mostrin quan s'escull un idioma determinat. Però aconseguir que una aplicació mantingui una determinada configuració d'idioma o que simplement, al iniciar-se per primer cop, per defecte agafi la configuració d'idioma del dispositiu mòbil no resulta tan senzill, i aquest va ser el primer problema que va aparèixer durant el desenvolupament de la aplicació.

En primer lloc, qualsevol configuració de l'aplicació s'ha de guardar “manualment”. Això també inclou l'idioma, cosa que s'esperava que es fes automàticament. Per guardar les configuracions de les unitats de mesura i d'idioma, es va decidir utilitzar les “Shared Preferences” d'Android (consultar Apartat [5.2.1](#)). Inicialment la clau que es feia servir per l'idioma s'anomenava “**key_option_language**”, però hi havien altres aplicacions que feien servir la mateixa clau i, per tant, l'idioma no es configurava correctament. No es va tenir en compte que aquestes dades es comparteixen entre totes les aplicacions i, en conseqüència, els noms de les claus es van canviar afegint-les el prefix “**udg_glucapp**”. D'aquesta manera la clau associada a l'idioma de l'aplicació ara té el nom “**udg_glucapp_key_option_language**”.

La solució per configurar l'idioma correctament ha estat definir una classe **App.java**, que s'utilitza per definir funcions o configuracions que afecten a tota l'aplicació i que s'inicialitzen abans de mostrar cap finestra o “Activity”. En aquesta classe es consulta el magatzem de les Shared Preferences, i en cas de que no es trobi una configuració d'idioma, s'agafa la del dispositiu mòbil. Altrament, significa que l'usuari ha escollit un idioma i, per tant, l'aplicació es configura amb l'idioma escollit. Per ajudar a realitzar aquesta configuració s'ha implementat una classe de suport anomenada **LocaleUtils.java**.

No obstant, això no era suficient. Les finestres o “Activities” no mantenien correctament la configuració d'idioma de l'aplicació, sobretot si hi havia un canvi d'idioma. Les finestres anteriors que es trobaven en l'Activity Stack (consultar Apartat [5.2.1](#)) solien mantenir l'idioma antic. Aquesta configuració ha de ser supervisada a cada Activity, de forma que s'adapti a possibles canvis d'idioma, estigui on estigui. Per solucionar-ho s'ha definit una Activity “base”, anomenada **BaseActivity.java**, d'on hereten totes les altres Activities. Aquí es redefineix la funció `onCreate()` i `onResume()` (consultar Apartat [5.2.1](#)) de manera que si hi ha un canvi d'idioma, l'Activity es torna a crear per actualitzar-se amb els nous textos al tornar d'una altra finestra. Al heretar d'aquesta classe, aquest codi s'executa abans del codi de la mateixa Activity i, per tant, s'assegura que l'idioma es troba ben configurat abans de que es vegi la finestra.

Implementar la finestra de configuració ha estat considerablement simple en comparació amb l'idioma. S'ha definit una Activity amb nom **SettingsPrefActivity.java** (juntament amb una classe de suport **AppCompatPreferenceActivity.java** per gestionar la compatibilitat entre diferents dispositius) fent servir una plantilla bàsica d'Android per finestres de configuració.

Per implementar el botó per anar a la finestra de configuració que apareix en la resta d'Activitats, s'ha implementat la lògica a **BaseActivity.java** (ja que es troba en totes les finestres) i s'ha reutilitzat el fitxer xml on es definia el botó (**toolbar_settings.xml**), amb un "include" a la resta de fitxers layout de les diferents Activitats (consultar Apartat [5.2.1](#)).

9.2. Classes I/O i encriptació

Per guardar l'estat dels recomanadors i les dades del pacient es fa servir el magatzem intern d'Android. Es guarden en fitxers en format json, i si es requereixen dades externes d'inicialització, s'utilitzen els fitxers per defecte dipositats a la carpeta d'"assets" específica de l'aplicació, d'on es permet llegir qualsevol fitxer. Un cop inicialitzades, les dades passen a quedar guardades en el magatzem intern.

Inicialment es feia servir la llibreria externa de Apache Commons IO de Java per obtenir les dades ràpidament en un objecte String (consultar Apartat [7.2](#)), però aquesta llibreria va comportar problemes de compatibilitat amb Android i per tant ha estat substituïda per la llibreria Guava, que es troba adaptada pel seu ús en dispositius Android.

Les classes I/O implementades segueixen una estructura simple, són classes "estàtiques" que hereten d'una classe base **JsonIOController.java** on estan definides les operacions bàsiques de lectura i escriptura. La resta de classes contenen les adreces i noms específics dels fitxers que cal editar, juntament amb les funcions corresponents.

Aquestes classes són: **BasalRecIOController.java**, **BolusRecIOController.java** i **PatientDataIOController.java**.

Per implementar el sistema d'encriptació, s'ha definit una classe, **TinkHelper.java**. És un objecte Singleton que s'encarrega de configurar la llibreria d'encriptació Tink automàticament cada vegada que s'instancia i que es pot utilitzar en qualsevol punt de l'aplicació per encriptar/desencriptar dades automàticament. Durant el testeig d'aquesta llibreria, es van trobar problemes de compatibilitat en versions d'Android inferiors a la 5.1 (API 22). Alguns algorismes no es troben suportats en aquestes versions i l'Android Key Store tampoc suporta alguns tipus de claus. Per sort, la documentació de la llibreria ja contempla aquests casos [21] i s'han pogut solucionar amb facilitat, tot i que amb algunes concessions en termes de seguretat per a versions d'Android inferiors a la 5.1.

9.3. Gestió de temps

L'aplicació necessita guardar instants de temps, això es pot fer de diverses maneres. Al principi es feia servir un String amb format `datetime`⁷.

Però ràpidament es va fer evident el problema que comportava aquest format: Com es gestionen els canvis de franja horària? I els canvis d'hora? Aquesta informació és difícil d'interpretar en aquest format.

La solució va consistir en canviar el format al de “temps UNIX” que es defineix com el nombre de segons transcorreguts des de les 0 hores de la matinada de l'1 de gener de 1970 UTC [22]. Es pot convertir fàcilment al format que es desitgi, tenint en compte la franja horària del dispositiu i els segons intercalars.

També s'ha fet servir la llibreria externa `JodaTime` per obtenir i gestionar instants de temps, ja que les funcions de temps disponibles per l'API 19 d'Android no solen ser gaire fiables o flexibles. Un aspecte a tenir en compte quan es gestiona el temps és que en Java els instants de temps solen ser amb precisió de mil·lisegons, però el temps UNIX s'expressa en segons.

9.4. Algoritmes de recomanació

En aquest apartat s'explicaran els detalls i problemes sorgits durant la implementació dels algoritmes de recomanació d'insulina. Aquests algoritmes han estat implementats dins dels package **InsulinRecommender**.

9.4.1. Recomanador basal

Per al recomanador basal s'ha implementat un mètode basat en el filtre de Kalman. L'algoritme sencer es troba representat a la [Figura 9.1](#).

⁷ ISO 8601, té la forma YYYY-MM-DD HH:MM:SS [28]

```

Algorithm 1 Basal recommender system algorithm.
Initialisation:  $A = \frac{1}{2}$ ,  $Q = 1$ ,  $basal = 0$ 
Require:  $G_{sp}$ , average BG, sample sequence  $\{y_n\}$  of TDD, sample sequence  $\{u_n\}$  of daily bolus,  $R$ 
1: for each day  $n$  do
2:   if end of week then
3:     Update  $A$  according to Eq. (9)
4:   end if
5:    $y_n \leftarrow basal + u_n$ 
6:    $cov(V_n) \leftarrow (1 + A^2)R$ 
7:    $\zeta_n \leftarrow y_n - A \cdot y_{n-1}$ 
8:   Calculate  $cov(\zeta)$  using Eq. (12)
9:    $Q \leftarrow cov(\zeta) - cov(V_n)$ 
10:   $K \leftarrow \frac{P}{P+R}$ 
11:   $x \leftarrow x + K \cdot (y_n - x)$ 
12:   $x \leftarrow A \cdot x + u_n$ 
13:   $P \leftarrow A^2P + Q$ 
14:   $basal \leftarrow A \cdot x$ 
15: end for

```

Figura 9.1: Algorisme recomanador basal [23]

$$A_{k+1} = A_k + \alpha \frac{\mu_G - G_{sp}}{G_{sp}}$$

Figura 9.2: Equació 9 del algorisme del recomanador basal. [23]

$$cov_{n+1}(\zeta) = \frac{n}{n+1} cov_n(\zeta) + \frac{1}{n+1} \zeta_{n+1}^2 - \left(\frac{n}{n+1} \mu_n + \frac{1}{n+1} \zeta_{n+1} \right)^2$$

Figura 9.3: Equació 12 del algorisme del recomanador basal. [23]

El procés del recomanador basal és el següent:

- El primer cop que s'inicialitza, si les dades del pacient no han estat guardades encara, redirigeix al usuari a la finestra de les dades del pacient. Després el recomanador demana els valors de TDD (Total Daily Dose), TDB (Total Daily Bolus) o alternativament la dosi basal del dia anterior. A partir d'aquí es dona una primera recomanació d'insulina basal.
- L'usuari escull la dosi que vol acceptar (recomanada o manual) i es guarda l'estat del recomanador en un fitxer en format json.
- El segon cop que el recomanador s'obre, si en la base de dades no s'ha enregistrat com a mínim una dosi bolus des de l'última recomanació basal, dona un error i no permet al usuari continuar, si n'hi ha menys de 3 només dona una alerta.
- A continuació s'agafa la última dosi basal i totes les dosis bolus que hi han hagut des de l'última recomanació basal, això ens proporciona els valors de TDD i TDB del dia anterior, amb el que s'actualitza el recomanador. També agafa totes les mesures de glucosa afegides just abans de cada dosi bolus (mesures pre-bolus o pre-àpat). Amb aquestes mesures es calcula una mitjana fent servir equacions lineals tenint en compte el temps per evitar imprecisió (la glucosa en sang és una variable continua). A més a més s'utilitza el valor baix del rang glicèmic del pacient ja que aquestes mesures hauran de correspondre amb els nivells més baixos de glucosa del pacient.

Finalment, cada 7 dies, el recomanador s'actualitzarà segons l'equació de la [Figura 9.2](#).

- Després d'aquests càlculs, s'obté la següent recomanació, i quan l'usuari accepta la dosi o introdueix una altra manualment, es guarda l'estat del recomanador de nou.

9.4.2. Recomanador bolus (eXiTCBR)

El recomanador bolus és molt més complicat que el basal ja que utilitza la llibreria eXiTCBR desenvolupada pel grup eXiT i es basa en un mètode de raonament per casos. L'algoritme a seguir per aquest recomanador és el següent:

- El primer cop que s'inicialitza, com fa el recomanador basal, si les dades del pacient no han estat inicialitzades encara, redirigeix a l'usuari a la finestra de les dades del pacient
- Al confirmar que es disposa d'aquesta informació, demana a l'usuari que doni els valors de ISF i ICR per diversos períodes de temps durant el dia, aquests períodes de temps han de sumar 24 hores, tot i que es pot ometre aquest pas. Aquesta inicialització és important si es volen obtenir bones recomanacions bolus des del primer moment. En termes d'implementació, va ser força difícil desenvolupar aquesta part ja que requeria l'ús d'una classe adaptadora en Android que omplís una ListView (una llista d'objectes dinàmica). La implementació d'aquest adaptador va comportar una sèrie de problemes que van requerir un temps en ser sortejats, un exemple seria la presència d'elements repetits en la llista quan l'usuari desplaça la llista cap a baix, degut a un procés de "reciclatge" d'elements que realitzen els objectes ListView.
- Després es passa al qüestionari, que durant la primera etapa de desenvolupament va consistir en una única finestra amb tots els camps requerits als requisits (veure Apartat [6.1](#)). Més endavant, això va rebre una modificació (veure Apartat [9.7.1](#)).
- Un cop l'usuari finalitza el qüestionari, s'agafa el mínim de totes les mesures de glucosa que s'han registrat a partir d'una hora després de l'última recomanació bolus. A continuació el recomanador realitza els passos de revisió i aprenentatge dels casos anteriors, fent servir la recomanació anterior juntament amb el valor de la dosi acceptada i el mínim de glucosa calculat. Aquests darrers passos no es realitzen el primer cop, perquè fan referència a la recomanació prèvia.
- Acte seguit, es realitzen els passos per calcular la recomanació bolus actual, agafant les dades del pacient emmagatzemades i la informació del qüestionari que acaba d'emplenar l'usuari. Amb això s'obté una recomanació d'insulina bolus basada en els casos que s'han après fins ara.
- Si el recomanador no pot donar una recomanació, dona una alerta, i demana a l'usuari que introdueixi una dosi bolus manualment per poder aprendre d'aquest cas.
- Quan l'usuari accepta una dosi bolus (manual o la recomanada), el recomanador guarda el seu estat: els casos anteriors (dins un fitxer amb nom **train.json**), el cas actual (dins un fitxer amb nom **test.json**) i els pesos dels diferents atributs (dins un fitxer amb nom **weights.json**). I es torna a començar.

9.5. Finestra d'estadístiques

La part més senzilla d'implementar de la finestra d'estadístiques han estat els gràfics simples: un per dosis bolus, un per dosis basals i un altre per mesures de glucosa amb l'opció de canviar entre ells amb un menú desplegable i una opció per escollir data inicial i data final. S'ha utilitzat la llibreria MPAndroidCharts per dibuixar i configurar els gràfics.

El primer problema va sorgir a conseqüència de permetre l'edició de les dades. Al començament es va implementar una llista que mostrés tots els punts que hi havia al gràfic a sota d'aquest. La implementació va resultar excessivament complicada: es requeria un adaptador per cada gràfic (bolus, basal i glucosa) per omplir una llista ListView, però igual que amb la inicialització del recomanador bolus a l'Apartat 9.4.2, això s'ha pogut simplificar a només dos adaptadors (un per mesures de glucosa i un altre per dosis d'insulina). També s'ha mogut aquesta part a una altra finestra opcional i s'ha implementat un sistema per editar punts directament sobre la gràfica mitjançant finestretes personalitzades o “*pop-ups*” que mostren la informació del punt seleccionat, i permeten a l'usuari editar-lo o esborrar-lo (**EditGlucoseDialog.java** per mesures de glucosa, **EditInsulinDialog.java** per dosis d'insulina)

Finalment, calia mostra a sota de la gràfica la següent informació:

- **La mitjana de glucosa/dosis d'insulina:** Fàcil d'implementar, s'ha fet servir la funció per obtenir la mitjana de glucosa amb equacions lineals i per les dosis d'insulina s'ha fet servir una mitjana aritmètica estàndard.
- **Càlcul HbA1c:** Realitzat a partir d'una taula [24] amb la mitjana de glucosa obtinguda, però sense utilitzar-la sencera, ja que s'ha pogut extreure una relació entre els resultats per obtenir una funció simple. El càlcul es realitza en el rang de temps especificat, encara que l'ideal serien 3 mesos.

$$\text{percent_hba1c} = (((\text{average_glucose} - 60)/3)+40)/10$$

- **Temps per sobre, sota o dins del rang glicèmic del pacient:** Similar amb el que s'ha fet per calcular la mitjana de glucosa amb equacions lineals, es calcula el temps transcorregut entre parells de punts en el gràfic aïllant equacions, i sumant als comptadors del temps de “Sobre”, “Sota” o “Dins”, en segons.

9.6. Base de dades

Per implementar una base de dades SQLite (veure Apartat 5.2.1) es necessita implementar una classe que estengui SQLiteOpenHelper, en aquest projecte s'anomena **RegistryHelper.java**. S'ha utilitzat una guia molt útil durant aquest procés [25], i com a bona pràctica, s'ha implementat una classe de contracte (**RegistryContract.java**) on es defineixen els noms i els atributs de les taules per separat, a més de la configuració de la base de dades.

Per realitzar operacions es fan servir comandes SQL, amb particularitats a l'hora de fer INSERTS, UPDATES o DELETES per tal d'evitar injecció de codi.

S'ha implementat, a més a més, una excepció associada a aquesta base de dades (**RegistryException.java**), per tal de poder ser tractada fora, i en la finestra poder alertar al usuari d'un error a la base de dades.

Desgraciadament, no s'ha aconseguit encriptar totalment aquesta base de dades, ja que es necessiten llibreries especialitzades de SQLite amb llicències comercials. La majoria d'implementacions d'aquestes llibreries, tant la llibreria oficial i altres fetes per tercers, són de pagament. Hi han alternatives de codi lliure, però no són compatibles amb l'ús que es pretén donar en aquest projecte. A conseqüència d'això, s'ha decidit encriptar totes les dades que siguin possibles sense dificultar el correcte funcionament de la base de dades mitjançant la llibreria Tink. Aquestes dades han estat, concretament:

- Per la taula de mesures de glucosa: s'ha encriptat el valor de la mesura de glucosa i l'atribut booleà que determina si es una mesura pre-àpat (pre-bolus).
- Per la taula de dosis d'insulina: s'ha encriptat el valor de la dosi recomanada i el valor de la dosi acceptada.

9.7. Millora de la interfície gràfica (GUI)

Al realitzar la implementació de la versió final de l'aplicació es van desenvolupar una sèrie de millores visuals de la interfície d'usuari. En aquest apartat es parlarà de les més importants i dels problemes sorgits durant la seva implementació.

9.7.1. Qüestionari bolus

Com ja s'ha mencionat al Apartat [9.4.2](#), el qüestionari del recomanador bolus, durant la primera fase de desenvolupament del treball (versió funcional), consistia en una única finestra amb totes les preguntes aglutinades. Això es considerava com una mancança d'usabilitat i, per tant, hauria de ser modificat durant la segona fase de desenvolupament (versió final).

Amb la millora de la interfície gràfica, el qüestionari ha passat a tenir 6 finestres, cadascuna englobant diferents preguntes (consultar Apartat [6.1](#) per més informació sobre els diferents camps requerits i opcionals):

- **Àpat:** conté els valors de la **glucosa pre-àpat** i els **hidrats de carboni**.
- **Dieta:** conté els camps de **greixos** i **alcohol**.
- **Estat d'ànim:** conté els camps de **felicitat** i **estrès**.
- **Salut:** conté els camps de **febres**, **malaltia digestiva**, **temperatura ambient** i **cicle menstrual**.
- **Activitat física:** conté els camps de **activitat aeròbica passada**, **activitat anaeròbica passada**, **activitat aeròbica planificada** i **activitat anaeròbica planificada**.

Pels camps amb valors nominals diferents d'un "Sí" o "No", s'han fet servir barres de progrés de la llibreria **BubbleSeekBar**. A més a més s'ha incorporat un indicador de pàgina a la part inferior amb puntets utilitzant la llibreria **ViewPagerIndicator** (consultar Apartat [7.2](#)).

Aquesta millora ha comportat l'ús de Fragments (consultar Apartat [5.2.1](#)), amb cada finestra corresponent a un Fragment, controlat des de l'Activity per mitjà d'un adaptador especial (**BolusFormFragmentsAdapter.java**). En cada finestra també s'ha incorporat una imatge descriptiva, juntament amb el títol de la secció. Aquestes imatges han estat escollides d'un repositori d'imatges amb llicències lliures per ús comercial, anomenat **Flicon.com** [5].

També va sorgir un problema quan els Fragments es destruïen al deixar de ser visibles i, per tant, la seva informació es perdia. Per solucionar-ho s'ha implementat una complexa cache de dades a l'Activity del qüestionari que memoritza tota la informació del qüestionari i s'actualitza cada cop que l'usuari canvia de finestra.

9.7.2. Gràfiques

La millora gràfica que es pretenia aconseguir també exigia poder mostrar la gràfica de la finestra d'estadístiques a les finestres del recomanador basal i bolus i també a la finestra d'afegir mesura de glucosa. Per aconseguir-ho, s'ha implementat la gràfica dins d'un Fragment (**StatsGraphFragment.java**), que es pot configurar per dibuixar tant dosis d'insulina com mesures de glucosa. Amb això s'ha simplificat considerablement el codi de l'Activity responsable de la finestra d'estadístiques i ha fet possible la reutilització de la gràfica feta amb la llibreria MPAndroidChart (veure Apartat [7.2](#)).

El gràfic també adapta el format de l'eix del temps segons el període de temps escollit, fent servir el package **Formatters**:

- Si és menys d'un dia, té format "Hores:Minuts:Segons". Fa servir el formatejador **HourAxisValueFormatter.java**.
- Si és més d'un dia però menys d'un any, té format "Dia/Mes Hores:Minuts". Fa servir el formatejador **DaysAndHoursAxisValueFormatter.java**.
- Altrament té format "Dia/Mes/Any". Fa servir el formatejador **DaysYearsAxisValueFormatter.java**.

Una altra millora de la gràfica en la finestra d'estadístiques està relacionada amb la utilització del magatzem de les "Shared Preferences" per guardar el tipus de gràfica escollida per l'usuari. D'aquesta manera, l'aplicació recorda l'última selecció de gràfica que va fer l'usuari. Tot i així el període de temps que sempre es mostra per defecte en totes les gràfiques és el d'una setmana abans del dia actual (en la finestra d'estadístiques l'usuari pot escollir una data inicial i final concreta).

9.8. El problema del "doble click"

Durant el desenvolupament es va notar que els botons que proporciona Android per defecte permeten realitzar múltiples clicks consecutius sense cap restricció, per tant, es podien obrir múltiples finestres fent doble click al menú principal. Això podia interferir seriosament amb el flux de l'aplicació, permetent al usuari inicialitzar els recomanadors dues vegades consecutives, entre d'altres.

La solució ha estat implementar un "listener" personalitzat (**OnOneOffClickListener.java**) que té en compte l'última vegada que s'ha fet click al botó i, si no ha transcorregut un mínim de temps (com per exemple 0.5 segons) no fa res.

9.9. Proves

Es van realitzar proves simulant setmanes d'utilització de l'aplicació durant les diferents etapes de desenvolupament de l'aplicació.

Per realitzar les proves s'han utilitzat simultàniament un emulador Android amb imatges de sistemes Android 4.4 (API 19) i Android 8.1 (API 27) i un dispositiu mòbil real amb Android 8.0 (API 26).

El procediment de la majoria de proves ha estat el següent:

1. Obrir l'aplicació i restablir les dades a estat de fàbrica.
2. Omplir les dades del pacient, comprovar que el sistema no permet introduir dades incorrectes i que avisa a l'usuari adequadament (el rang glicèmic ha de tenir sentit).
3. Realitzar la primera recomanació basal, comprovar que el sistema no permet introduir dades incorrectes i que avisa a l'usuari adequadament com es veu a la [Figura 9.4](#) (valors TDB/TDD han de tenir sentit i la dosi basal no pot ser igual o menor que zero).
4. Comprovar que el recomanador basal no permet realitzar més recomanacions si no hi han dosis bolus registrades.
5. Avançar 2-3 hores el temps del dispositiu manualment, això es suficient perquè l'aplicació cregui que ha transcorregut aquest temps.
6. Realitzar la primera recomanació bolus:
 - 6.1. Comprovar el correcte funcionament de la llista d'inicialització del recomanador, comprovar que no permeti períodes de temps impossibles (1:60 – 2:00 per exemple). Comprovar que no hi hagin errors durant el processament de la llista. *En aquest punt, la versió 4.4 d'Android a vegades presenta un "bug" que al intentar escollir el temps, pot demanar-ho dues vegades seguides, s'ha comprovat que aquest error es degut al sistema operatiu, ja que en versions més modernes no succeeix.*
 - 6.2. Comprovar que el qüestionari bolus no permeti al usuari finalitzar sense introduir valors de glucosa i carbohidrats vàlids (nombres reals positius diferents de 0).
 - 6.3. Comprovar que es poden introduir els valors de tots els camps opcionals del qüestionari correctament.
 - 6.4. Finalitzar el qüestionari, en el cas de que el recomanador no pugui oferir una recomanació, comprovar que apareix l'alerta corresponent (veure [Figura 9.5](#)) i que no permet al usuari seleccionar la dosi recomanada.
 - 6.5. Comprovar que l'usuari pugui introduir una dosi bolus manual vàlida.
7. Obrir el recomanador basal per veure l'alerta de que n'hi han menys de 3 dosis bolus registrades des de l'última recomanació.
8. Esperar 4-5 hores i realitzar un altre recomanació bolus, repetir el procés fins tenir-ne 4.
9. Realitzar un altre recomanació basal, comprovar que ja no hi apareix cap alerta.
10. Repetir els passos 8-9 unes set vegades aproximadament, simulant el transcurs d'una setmana, també testejar el funcionament de la finestra per afegir mesures de glucosa.
11. Testejar la finestra d'estadístiques. Comprovar que tots els gràfics, juntament amb les seves dades es mostren correctament.
 - 11.1. Comprovar que es guarda l'opció de gràfic escollida per l'usuari.
 - 11.2. Comprovar que es pugui introduir un període de temps per mostrar a la gràfica correctament. *En aquest punt, la versió 4.4 d'Android a vegades presenta un "bug" que al intentar escollir el temps, pot demanar-ho dues vegades seguides, s'ha comprovat que aquest error es degut al sistema operatiu, ja que en versions més modernes no succeeix.*

- 11.3. Comprovar l'edició i visualització dels punts de les gràfiques, tant en aquesta finestra com en altres. En aquesta finestra ha de permetre editar o esborrar qualsevol punt, en la resta de finestres només s'ha de proporcionar la informació del punt al fer-hi clic.
- 11.4. Comprovar que el menú del llistat de punts funciona també de manera correcta i permet la edició.
12. Durant la prova, anar canviant les opcions d'idioma i de unitats de mesura per comprovar que les finestres s'adaptin als canvis immediatament. També comprovar que totes les finestres poden ser utilitzades amb el dispositiu mòbil en posició horitzontal.

També s'han realitzat proves bàsiques d'accessibilitat utilitzant el lector de pantalla TalkBack. En general es considera que l'aplicació compleix els requisits d'accessibilitat (veure [Annex 2](#)). Tot i que les gràfiques són elements visuals difícils de fer accessibles, s'ha implementat un menú addicional en la finestra d'estadístiques que permet consultar la llista de punts individuals de la gràfica. La resta d'elements visuals importants, com per exemple botons representats amb imatges, tenen definit un atribut "contentDescription" que descriu la seva funció.

Primera Recomanació Basal

PRIMERA RECOMANACIÓ DE INSULINA BASAL

Si us plau, introdueixi la següent informació del dia anterior abans d'obtenir la seva primera recomanació de insulina basal.

TDD (Dosi Total Diària) Unitats

TDB (Bolus Total Diari) Unitats

Dosi Basal Unitats

CONTINUAR

Valors de TDB/TDD invàlids.

Figura 9.4: Proves amb el recomanador basal, amb una alerta a la part inferior.

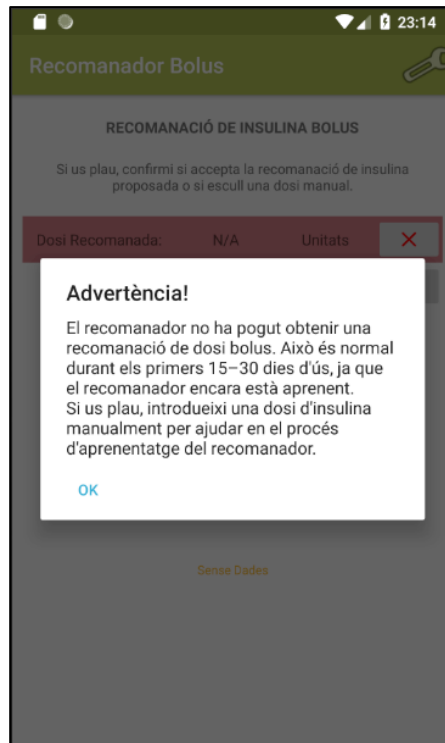


Figura 9.5: Proves amb el recomanador bolus.

10. Resultats i implantació

En aquest apartat es mostrarà els resultats finals obtinguts en aquest TFG, juntament amb la seva implantació.

10.1. Resultats

A continuació es mostraran les funcionalitats que es troben implementades en la versió final de GlucApp:



Figura 10.1: Menú principal de GlucApp

Recomanador basal

GlucApp implementa un recomanador d'insulina basal senzill i fiable basat en el filtre de Kalman. Només requereix la introducció de dades el primer cop que s'utilitza, després fa servir les dades emmagatzemades a la base de dades de l'aplicació per proporcionar recomanacions d'insulina basal automàticament. Es pot acceptar la recomanació o alternativament es pot introduir una dosi manual. També es pot consultar un gràfic amb les últimes dosis basals registrades, fent clic en un punt de la gràfica mostrarà una finestra amb més informació, com es pot veure en la imatge de la dreta de la [Figura 10.2](#). A la part esquerra de la [Figura 10.2](#) es troba la finestra de recomanació basal, amb els botons per acceptar la dosis recomanada o manual marcats en vermell, i el camp per introduir la dosi manual ressaltat en blau.

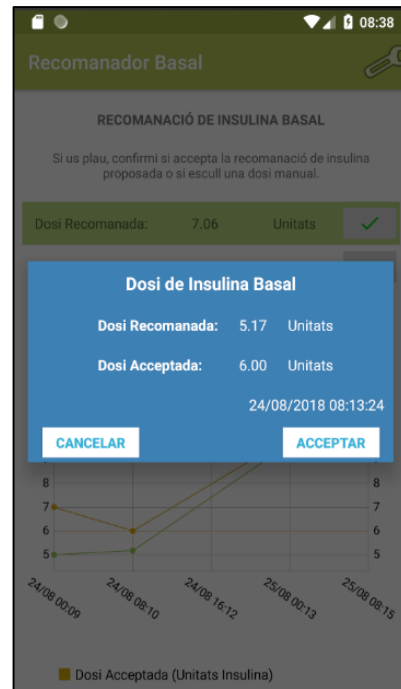


Figura 10.2: *Recomanador d'insulina basal de GlucApp*

Recomanador bolus

El recomanador bolus basat en casos de GlucApp disposa d'un qüestionari intuïtiu que permet al usuari introduir les dades requerides i opcionals que permeten als algoritmes desenvolupats pel grup eXiT realitzar una recomanació que s'adapti al perfil del usuari, aconseguint d'aquesta manera un tractament personalitzat i flexible. Les sis finestres del qüestionari corresponents a cada secció (àpat, activitat física, dieta, estat d'ànim, descans i salut) es poden veure a la [Figura 10.3](#). Al igual que en el recomanador basal, es pot acceptar la recomanació proposada o alternativament l'usuari pot introduir una dosi manual, a la [Figura 10.4](#) es troben marcats en vermell els botons corresponents, també el camp d'introducció de la dosi manual es troba ressaltat en blau. En el cas de que no es pugui realitzar una recomanació, s'alertarà al usuari i es demanarà introduir una dosi manual, un exemple d'aquesta alerta es pot veure a la [Figura 9.5](#). També es pot consultar un gràfic amb les últimes dosis bolus registrades, com es veu a la part inferior de la [Figura 10.4](#), fent clic en un punt de la gràfica mostrarà una finestreta amb més informació.

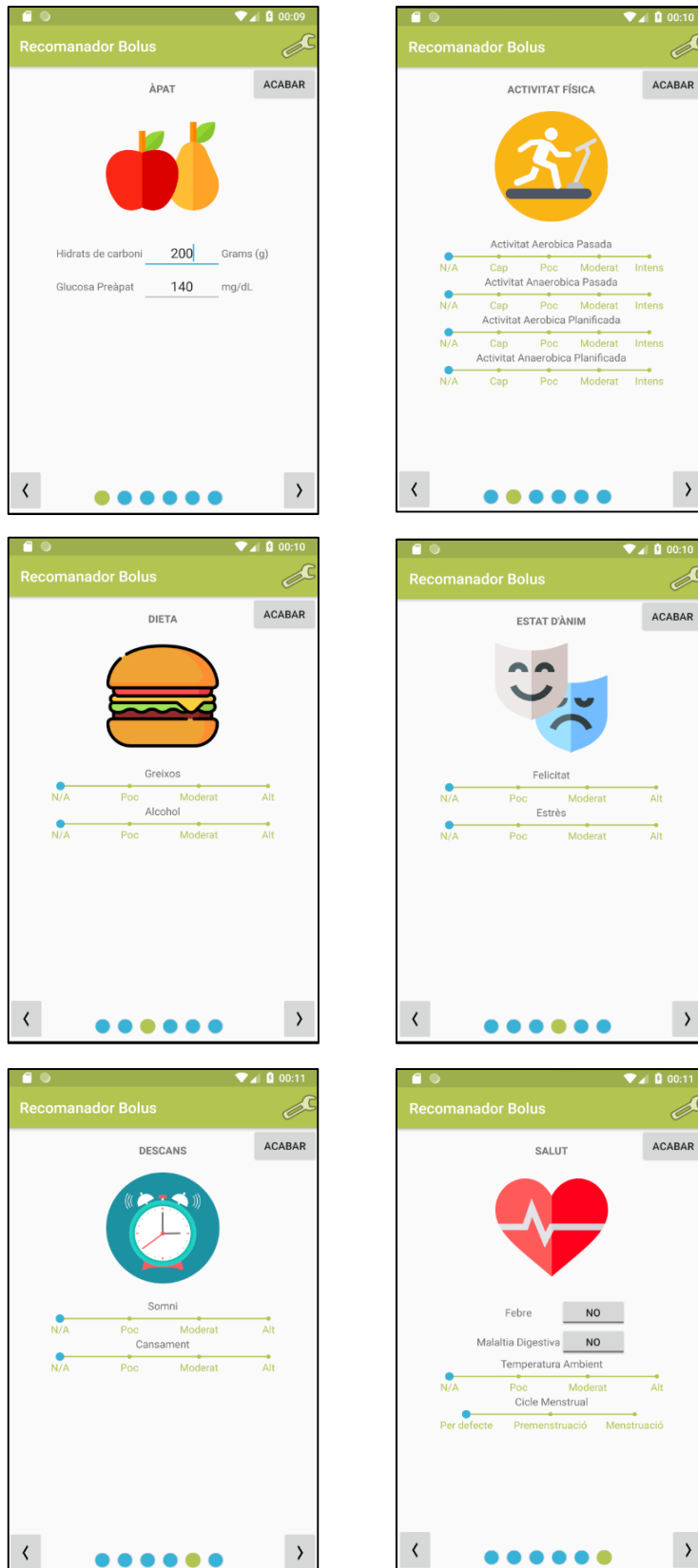


Figura 10.3: Qüestionari bolus de GlucApp

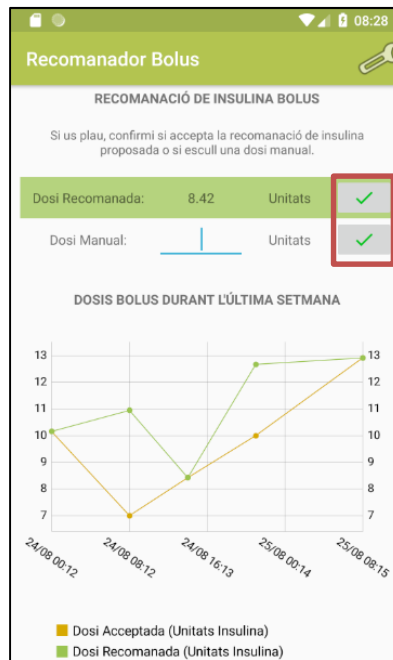


Figura 10.4: *Recomanador d'insulina bolus de GlucApp*

Afegir mesura de glucosa

Hi ha la possibilitat d'afegir una mesura de glucosa en qualsevol moment a través d'aquest menú. Com es pot veure a la imatge de la esquerra de la [Figura 10.5](#), disposa d'una gràfica amb les mesures de glucosa registrades l'última setmana, i si es fa clic a un punt de la gràfica s'obre una finestreta amb les dades de la mesura seleccionada, com es veu a la imatge de la dreta de la [Figura 10.5](#).

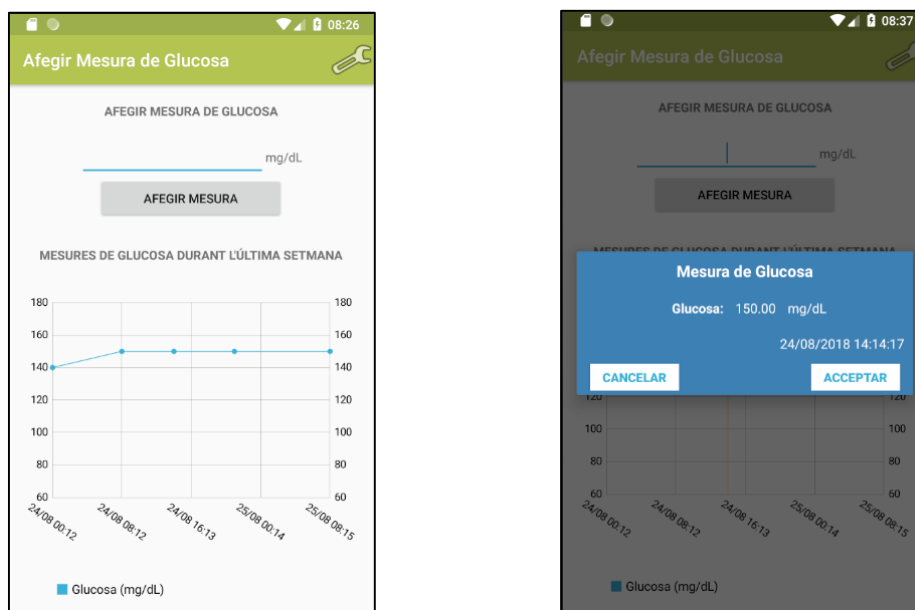


Figura 10.5: *Finestra per afegir mesures de glucosa a GlucApp*

Modificar dades del pacient

Modificar les dades de pacient del usuari és molt senzill, l'opció per fer-ho es troba al menú principal. És obligatori introduir aquestes dades per al correcte funcionament dels algoritmes de recomanació d'insulina. Per aquest motiu, si aquestes dades no són introduïdes a l'inici de l'ús de l'aplicació, aquesta redirigeix l'usuari a la finestra per modificar les dades del pacient automàticament. La [Figura 10.6](#) mostra aquesta finestra, amb tots els camps que es requereixen segons els requisits funcionals de l'aplicació (Apartat [6.1](#)).



DADES DEL PACIENT

RANG GLICÈMIC OBJECTIU

Límit alt de glucosa 150.0 mg/dL

Punt d'equilibri de glucosa 125.0 mg/dL

Límit baix de glucosa 100.0 mg/dL

PES I CICLE MENSTRUAL

Pes Corporal 70.0 Kg

Cicle Menstrual SI

APLICAR CANVIS

Figura 10.6: Finestra per modificar dades del pacient a GlucApp

Veure i modificar estadístiques

A la finestra d'estadístiques, l'usuari pot consultar els gràfics de les dosis d'insulina basal o bolus i de les seves mesures de glucosa, el tipus de gràfic es pot canviar mitjançant el menú desplegable marcat en vermell a la [Figura 10.7](#). El període de temps que mostra el gràfic pot ser ajustat de forma manual fent clic en la data inicial i final marcades en verd a la [Figura 10.7](#). Apart del gràfic, la finestra també disposa d'informació addicional a la part inferior, com per exemple la mitjana de glucosa o el percentatge de temps transcorregut dins del rang glicèmic del usuari, com es mostra a la [Figura 10.8](#). Editar dades es molt senzill, si es fa clic als punts de la gràfica, apareixerà una finestreta com les que es poden veure a la [Figura 10.10](#) amb les dades de la dosi d'insulina o mesura de glucosa seleccionada, a partir d'aquesta finestreta es pot editar o esborrar la dada seleccionada. Alternativament, i per millorar l'accessibilitat, es pot accedir al menú "Veure/Modificar Punts" mitjançant el botó marcat en vermell que apareix a la imatge de la dreta de la [Figura 10.8](#), i que permet al usuari consultar i editar els punts del gràfic mitjançant la llista que es mostra a la [Figura 10.9](#).

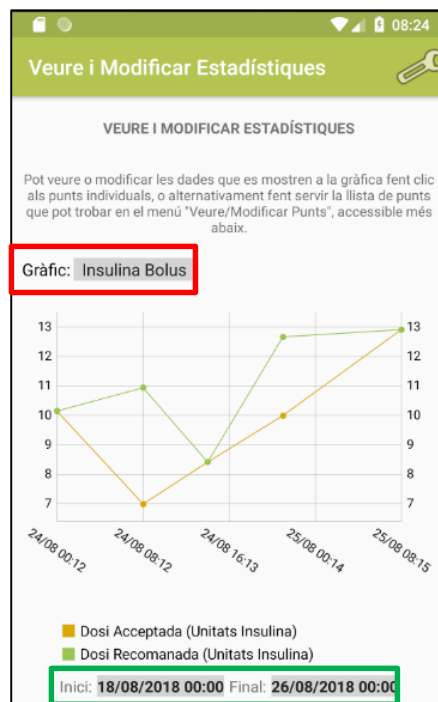


Figura 10.7: Finestra d'estadístiques de GlucApp. Insulina Bolus.

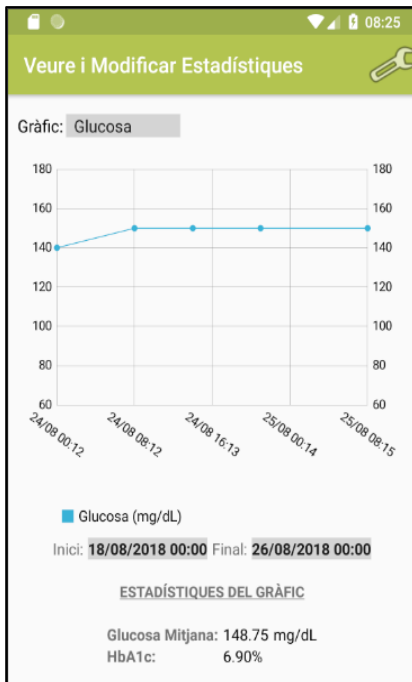


Figura 10.8: Finestra d'estadístiques de GlucApp. Mesures de Glucosa.

Veure i Modificar Estadístiques

LLISTA DE PUNTS DEL GRÀFIC

Gràfic: Glucosa

Inici: 18/08/2018 00:00 Final: 26/08/2018 00:00

| | |
|---------------------|-----------------------|
| 24/08/2018 00:12:08 | Glucosa: 140.00 mg/dL |
| 24/08/2018 08:13:45 | Glucosa: 150.00 mg/dL |
| 24/08/2018 14:14:17 | Glucosa: 150.00 mg/dL |
| 24/08/2018 21:14:19 | Glucosa: 150.00 mg/dL |
| 25/08/2018 08:15:34 | Glucosa: 150.00 mg/dL |

Figura 10.9: Finestra d'estadístiques de GlucApp. Llista de punts.

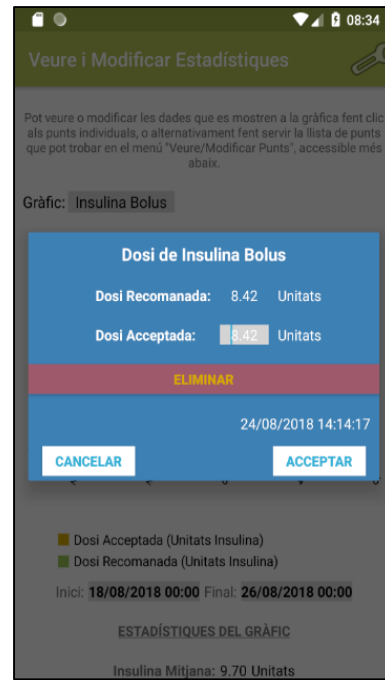
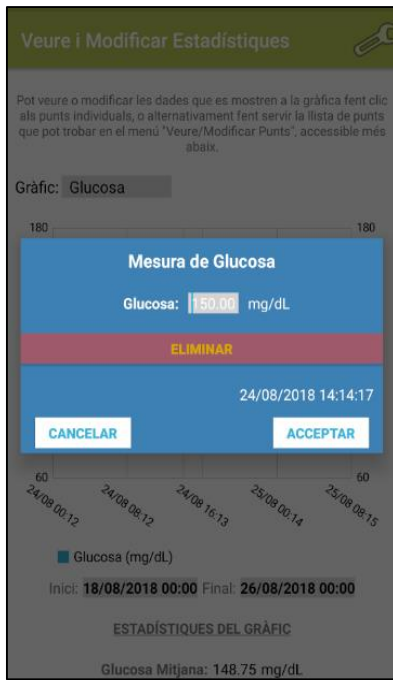


Figura 10.10: Finestra d'estadístiques de GlucApp. Edició de dades.

Configuració

La finestra de configuració es troba disponible en tot moment. Per accedir-hi només cal prémer el botó a la part superior dreta de l'aplicació, que apareix amb el símbol que es mostra a la [Figura 10.12](#). En aquesta finestra l'usuari pot canviar l'idioma i les unitats de mesura a través de les opcions remarcades en vermell a la imatge esquerra de la [Figura 10.11](#). A més a més també pot esborrar totes les dades i restablir l'aplicació a l'estat de fàbrica, a través de l'opció remarcada en verd en la imatge dreta de la [Figura 10.11](#).

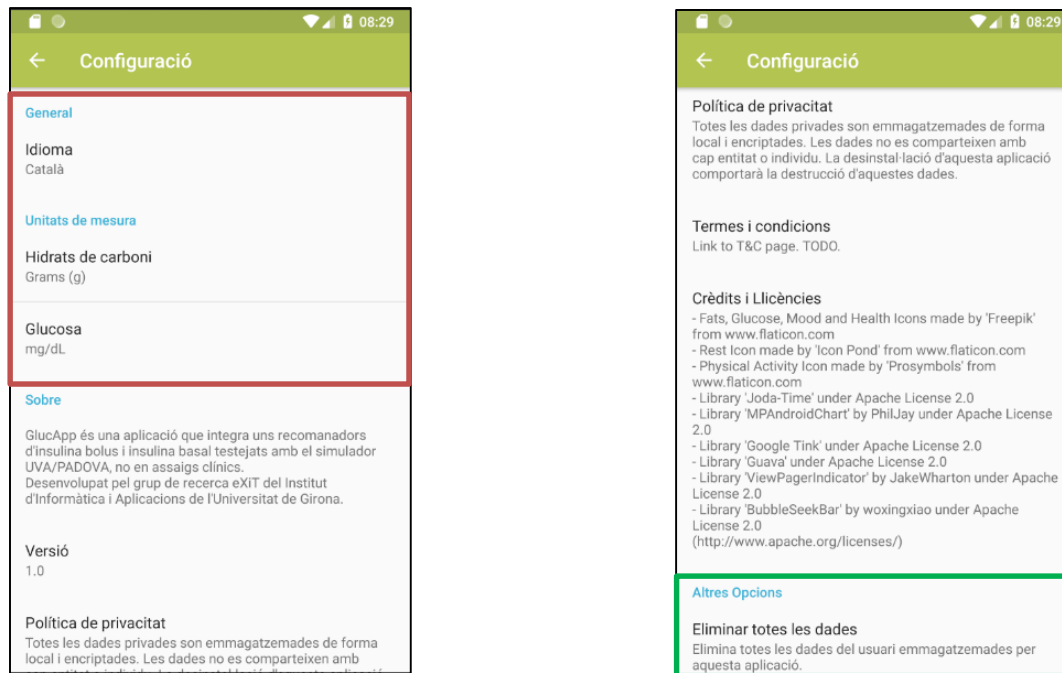


Figura 10.11: Finestra de configuració de GlucApp



Figura 10.12: Botó per obrir la finestra de configuració

10.2. Implantació

Amb aquests resultats, es considera que s'ha aconseguit desenvolupar una aplicació Android que compleix amb els objectius proposats al inici del projecte: GlucApp és una app fàcil d'utilitzar que implementa els últims algoritmes de recomanació d'insulina desenvolupats pel grup eXiT. Permet a l'usuari introduir i consultar dades de forma intuïtiva i compleix tots els requeriments d'usabilitat i accessibilitat exigides per TICSalut a aplicacions mèdiques (consultar [Annex 2](#)), exceptuant alguns requeriments de continguts, principalment els relacionats amb informació legal (cal l'assessoria d'un expert) que es pretenen complir en un futur. L'únic objectiu que no s'ha pogut complir ha estat la integració amb altres serveis per poder facilitar encara més la recopilació d'informació requerida.

En aquests moments, l'aplicació, i per tant el projecte, es considera preparat per començar la primera fase de testeig amb usuaris finals. Totes les funcionalitats es troben implementades i han estat testejades en l'entorn de desenvolupament, tot i que encara falta informació en l'apartat "Sobre" de la finestra de configuració, concretament els termes de servei i informació legal, com s'ha mencionat anteriorment. També falta la signatura digital, que s'espera obtenir un cop es distribueixi al públic. Fins que no es tingui aquesta signatura, alguns dispositius mòbils hauran de desactivar la protecció contra aplicacions no signades per poder testear-la.

11. Conclusions

Durant el transcurs d'aquest TFG s'ha aconseguit desenvolupar una aplicació per a dispositius mòbils Android que implementa dos algorismes de l'estat de l'art de recomanadors d'insulina, un per a insulina bolus i l'altra per a insulina basal. per al tractament de la diabetis tipus 1 i capaços d'adaptar-se al cas particular de cada pacient. En concret:

- S'ha desenvolupat una aplicació Android amb una interfície d'usuari amigable, que facilita la introducció d'informació necessària per al càlcul de la recomanació d'insulina, a més d'oferir suport per diferents idiomes, capacitat per revisar històrics d'insulina i de glucosa, i d'editar aquesta informació en qualsevol moment.
- Per desgràcia, no s'ha aconseguit connectar l'aplicació amb altres serveis per a permetre la captura automàtica d'informació.
- S'ha aconseguit integrar amb èxit els algorismes de recomanació d'insulina desenvolupats pel grup eXiT en una aplicació mòbil.
- S'ha aconseguit que l'aplicació compleixi tots els requeriments d'accessibilitat i qualitat exigits per TICSalut a aplicacions mèdiques [[Annex 2](#)], a excepció dels requeriments sobre continguts legals.

Per tant, l'aplicació desenvolupada en aquest TFG és la única del seu tipus que integra recomanació adaptativa i personalitzada de insulina bolus i basal. Altres aplicacions similars són ABC4D [26] i l'aplicació del projecte PEPPER. No obstant, ABC4D no té recomanador d'insulina basal i el recomanador bolus és més limitat, per no dir que l'aplicació de PEPPER encara es troba en desenvolupament. A més a més, ambdues aplicacions requereixen bomba d'insulina i/o monitor continu de glucosa. GlucApp no té aquest requeriment i per tant l'usuari s'evita una despesa d'entre 1000 i 6000€ anuals.

L'autor d'aquest projecte valora personalment el treball realitzat com a excepcionalment positiu, ja que en un futur permetrà posar a disposició de persones amb diabetis tipus 1 una eina per millorar l'autogestió la seva malaltia de forma personalitzada i única i que va amb la línia de les directrius marcades per CatSalut i la UE d'empoderar el pacients en el tractament de malalties cròniques. En aquest treball de final de grau s'ha desenvolupat la primera aplicació gratuïta que implementa recomanadors d'insulina basal i bolus sense que requereixi dispositius addicionals no coberts per la seguretat social i que pocs pacients es poden permetre, això fa de GlucApp l'aplicació més accessible del seu tipus.

12. Treball futur

Tot i que la qualitat i funcionalitat assolides amb GlucApp són considerables, resta encara treball per fer. A continuació es llisten les millores pendents que s'han identificat:

- L'aplicació s'ha de provar amb grups d'usuaris finals diabètics amb diabetis tipus 1 i fer les modificacions que s'identifiquin com a necessàries.
- Cal acabar de complir els requeriments sobre continguts legals exigits per TICSalut.
- És necessari fer un anàlisi de la propietat intel·lectual i els termes i permisos d'ús adequats de GlucApp abans de posar-se a disposició del públic en general.
- S'ha d'analitzar la usabilitat de la interfície d'usuari a partir d'opinions d'usuaris i modificar-la a conseqüència.
- Cal millorar l'enciptació de la base de dades, actualment es troba enciptada parcialment.
- Es podria connectar GlucApp amb altres serveis com Google Fit per permetre la captura automàtica d'informació.
- L'aplicació necessita una firma digital de la Google Store per tal de poder ser distribuïda.

13. Bibliografia

- [1] «Pàgina web d'Android Studio» [En línia]. Disponible: <https://developer.android.com/studio/>. [Últim accés: 2 Agost 2018].
- [2] «SQLFiddle» [En línia]. Disponible: <http://sqlfiddle.com/>. [Últim accés: 15 Agost 2018].
- [3] «Pàgina web de GIMP» [En línia]. Disponible: <http://www.gimp.org.es/>. [Últim accés: 17 Agost 2018].
- [4] «Pàgina web del plugin Draw.io» [En línia]. Disponible: <https://www.draw.io/>. [Últim accés: 18 Agost 2018].
- [5] «Pàgina web de Flaticon, repositori d'imatges» [En línia]. Disponible: <https://www.flaticon.com/>. [Últim accés: 20 Agost 2018].
- [6] «Pàgina web de LibreOffice» [En línia]. Disponible: <https://es.libreoffice.org/>. [Últim accés: 21 Agost 2018].
- [7] «Detalls sobre la llicència gratuïta Flaticon» [En línia]. Disponible: <https://file000.flaticon.com/downloads/license/license.pdf>. [Últim accés: 30 Agost 2018].
- [8] K. Beck, J. Grenning, R. C. Martin, M. Beedle, J. Highsmith, S. Mellor, A. van Bennekum, A. Hunt, K. Schwaber, A. Cockburn, R. Jeffries, J. Sutherland, W. Cunningham, J. Kern, D. Thomas, M. Fowler y B. Marick, «Manifesto for Agile Software Development,» Agile Alliance, 2001. [En línia]. Disponible: <http://agilemanifesto.org/>. [Últim accés: 15 Agost 2018].
- [9] «Wikipedia, pàgina de SCRUM» [En línia]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Scrum_\(desarrollo_de_software\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Scrum_(desarrollo_de_software)). [Últim accés: 20 Agost 2018].
- [10] «Pàgina web del projecte PEPPER» [En línia]. Disponible: <http://pepper.eu.com/>. [Últim accés: 1 Agost 2018].
- [11] S. Park, «Activity Lifecycle in Android Applications» A Medium Corporation, [En línia]. Disponible: <https://medium.com/sketchware/activity-lifecycle-in-android-applications-1b48a7bb584c>. [Últim accés: 14 Agost 2018].
- [12] «Cómo utilizar fragments en Android» NOSINMIUBUNTU, [En línia]. Disponible: <https://www.nosinmiubuntu.com/como-utilizar-fragments-en-android/>. [Últim accés: 5 Agost 2018].
- [13] J. Maring, «Android distribution numbers: Everything you need to know!» androidcentral, 23 Juliol 2018. [En línia]. Disponible: <https://www.androidcentral.com/android-distribution-numbers>. [Últim accés: 25 Agost 2018].
- [14] «Github: Guava» [En línia]. Disponible: <https://github.com/google/guava>. [Últim accés: 15 Agost 2018].
- [15] «Pàgina web de la llicència Apache 2.0» [En línia]. Disponible: <http://www.apache.org/licenses/>. [Últim accés: 16 Agost 2018].
- [16] «Pàgina web de Joda Time» [En línia]. Disponible: <http://www.joda.org/joda-time/>. [Últim accés: 26 Agost 2018].
- [17] PhilJay, «Github: MPAndroidChart» [En línia]. Disponible: <https://github.com/PhilJay/MPAndroidChart>. [Últim accés: 6 Agost 2018].

- [18] «Github: Tink» [En línea]. Disponible: <https://github.com/google/tink/>. [Últim accés: 3 Agost 2018].
- [19] JakeWharton, «Github: ViewPagerIndicator» [En línea]. Disponible: <https://github.com/JakeWharton/ViewPagerIndicator>. [Últim accés: 1 Agost 2018].
- [20] woxingxiao, «Github: BubbleSeekBar» [En línea]. Disponible: <https://github.com/woxingxiao/BubbleSeekBar>. [Últim accés: 1 Agost 2018].
- [21] «Github: Documentació sobre compatibilitat de la llibreria Tink» [En línea]. Disponible: <https://github.com/google/tink/blob/master/docs/KNOWN-ISSUES.md>. [Últim accés: 1 Agost 2018].
- [22] «Wikipedia: Unix Time» [En línea]. Disponible: https://en.wikipedia.org/wiki/Unix_time. [Últim accés: 1 Agost 2018].
- [23] F. Torrent Fontbona, «Adaptive basal insulin recommender system based on Kalman filter for type 1 diabetes» [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417418300939?via%3DIihub>. [Últim accés: 3 Agost 2018].
- [24] «Guide to HbA1c» Diabetes.co.uk, [En línea]. Disponible: <https://www.diabetes.co.uk/what-is-hba1c.html>. [Últim accés: 2 Agost 2018].
- [25] R. Hu, «GitHub: Local Databases with SQLiteOpenHelper» [En línea]. Disponible: https://github.com/codepath/android_guides/wiki/Local-Databases-with-SQLiteOpenHelper. [Últim accés: 6 Agost 2018].
- [26] «Advanced Bolus Calculator for Diabetes (ABC4D)» Imperial College London, [En línea]. Disponible: <http://www.imperial.ac.uk/bio-inspired-technology/research/metabolic/abc4d/>. [Últim accés: 1 Agost 2018].
- [27] «Pàgina web del grup eXiT» [En línea]. Disponible: <https://exit.udg.edu/>. [Últim accés: 12 Agost 2018].
- [28] «Wikipedia: Format de data ISO 8601» [En línea]. Disponible: https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_8601. [Últim accés: 3 Agost 2018].

14. Annexos

14.1. Annex 1: Manual d'usuari



Instal·lació

Per instal·lar l'aplicació GlucApp en un dispositiu mòbil amb sistema operatiu Android cal copiar l'arxiu **glucapp.apk** dins del directori **apk** al nostre dispositiu. Un cop aquest arxiu es trobi dins del dispositiu només cal obrir-lo des d'Android utilitzant una app per navegar el sistema de fitxers.

Al fer clic sobre l'arxiu es possible que el nostre sistema Android impedeixi la instal·lació de l'aplicació al no disposar encara d'una firma digital vàlida (només la porten aplicacions de la Google Store). Per solucionar-ho cal realitzar el següent procediment (només en versions d'Android inferiors a 8.0):

1. Anar al panell de Configuració del dispositiu.
2. Fer clic a l'opció de Seguretat.
3. Fer un "tick" a l'opció de "Fonts desconegudes"
4. Fer clic a "OK" en el missatge d'alerta que ens apareix.

En versions d'Android 8.0 o superiors, en comptes del procediment anterior cal donar un permís especial per instal·lar aplicacions desconegudes. Per fer-ho farem clic a "Configuració" quan ens aparegui el missatge que ens informa que no s'ha pogut instal·lar l'aplicació. Això ens portarà a la configuració de permisos, des d'aquesta finestra només hem d'autoritzar la instal·lació d'aplicacions desconegudes.

ATENCIÓ: Cal tenir en compte que realitzar aquest procediment pot posar en risc el nostre dispositiu davant altres aplicacions sense firma digital, per tant s'aconsella revertir el procés un cop haguem instal·lat GlucApp.

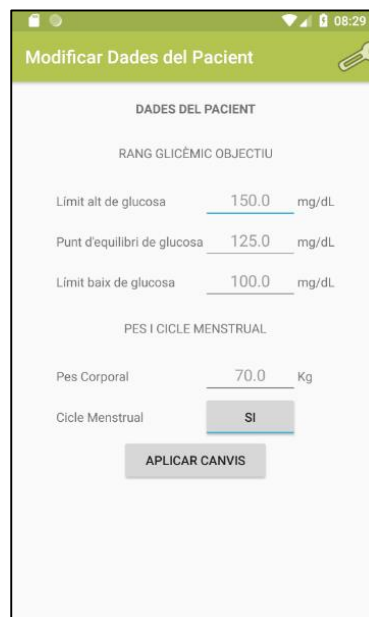
Menú principal

Al obrir l'aplicació, la primera finestra que apareix és el menú principal. Des d'aquesta finestra s'hi pot accedir a la resta de parts de l'app fent clic als botons corresponents.



Modificar dades del pacient

Abans de fer servir els recomanadors, l'aplicació li demanarà omplir les seves dades de pacient a través d'aquesta finestra (rang glicèmic i pes corporal). També hi ha l'opció de "Cicle Menstrual" que ens permetrà tornar invisible el corresponent camp al questionari del recomanador bolus en cas de que escollim "No".

The image shows the "Modificar Dades del Pacient" (Modify Patient Data) screen. The title bar is green and contains the text "Modificar Dades del Pacient" and a settings icon. The screen is divided into two sections: "DADES DEL PACIENT" and "PES I CICLE MENSTRUAL". Under "DADES DEL PACIENT", there is a sub-section "RANG GLICÈMIC OBJECTIU" with three input fields: "Límit alt de glucosa" (150.0 mg/dL), "Punt d'equilibri de glucosa" (125.0 mg/dL), and "Límit baix de glucosa" (100.0 mg/dL). Under "PES I CICLE MENSTRUAL", there is an input field for "Pes Corporal" (70.0 Kg) and a dropdown menu for "Cicle Menstrual" set to "SI". At the bottom of the screen, there is a grey button labeled "APLICAR CANVIS".

Recomanador basal

El primer cop que s'inicialitzi el recomanador basal ens demanarà els valors de TDD (Dosis Total Diaria), de TDB (Bolus Total Diari) i la dosi basal corresponents al dia anterior. Només s'han d'omplir dos d'aquests valors, sense importar quins.

Primera Recomanació Basal

PRIMERA RECOMANACIÓ DE INSULINA BASAL

Si us plau, introduueixi la següent informació del dia anterior abans d'obtenir la seva primera recomanació de insulina basal.

TDD (Dosi Total Diaria) _____ Unitats

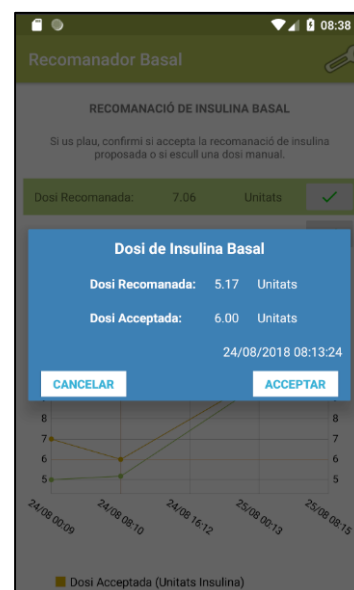
TDB (Bolus Total Diari) _____ Unitats

Dosi Basal _____ Unitats

CONTINUAR

Després d'omplir els valors i fer clic al botó "Continuar", se'ns portarà a la finestra amb la primera recomanació d'insulina basal.

Ens apareixeran dos camps, un amb la dosi d'insulina recomanada i un altre per introduir una dosi manual. Per acceptar una dosi d'insulina, cal prémer el botó que es troba al seu costat.



També hi apareix una gràfica amb les dosis basals durant la setmana anterior. Es pot fer clic a qualsevol dels punts de la gràfica per obtenir més informació sobre la dosi d'insulina seleccionada.

A partir d'aquest moment, si es vol rebre més recomanacions basals, cal que s'hagi fet com a mínim una recomanació d'insulina bolus després de l'última recomanació basal. En cas de que hi hagin menys de tres dosis bolus registrades des de l'última recomanació basal, només apareixerà una alerta.

Les recomanacions basals posteriors no requereixen l'entrada de cap informació addicional.

Recomanador bolus

El primer cop que s'inicialitzi, el recomanador bolus ens demanarà una llista amb períodes de temps corresponents a un dia sencer (han de ser de 0:00 fins a 23:59), juntament amb els valors d'ICR (Insulin-To-Carb-Ratio) i ISF (Insulin Sensitivity Factor) corresponents a cada període de temps.

Recomanador Bolus

INICIALITZACIÓ DEL RECOMANADOR DE INSULINA BOLUS

Abans d'oferir la primera recomanació de insulina bolus, aquest recomanador necessita els seus valors d'ICR (Insulin-to-Carb Ratio) i ISF (Insulin Sensitivity Factor) corresponents al dia anterior.

Si us plau, afegiteixi els valors en períodes de temps. El total ha de sumar un dia sencer (24 hores).

Unitats ICR: Grams (g) /Unitat Insulina
Unitats ISF: mg/dL /Unitat Insulina

00:00 - 01:00 ICR: 20.00 ISF: 80.00 X

CONTINUAR

OMETRE

Per afegir una nova fila a la llista, cal prémer el botó amb el símbol “+” a la part inferior dreta de la finestra. Per cada fila de la llista, només podem editar l'hora final i els valors d'ICR i ISF, quan afegim una nova fila, s'afegirà un minut a l'hora de la fila anterior. Cal tenir en compte que només es pot editar l'última fila que hem afegit, i que l'aplicació no ens permetrà afegir una nova fila si l'última fila té com a hora final “23:58” o “23:59”. Per esborrar una fila, podem fer clic al botó amb el símbol “X”.

Quan hàgim acabat, hem de fer clic al botó “Continuar”. Aquest procés també es pot ometre amb valors per defecte (els valors per defecte són ICR = 20 i ISF = 80, de 0:00 a 23:59) fent clic al botó “Ometre”.

A continuació se'ns mostraran una sèrie de finestres que corresponen a un qüestionari de 6 pàgines amb 3-4 preguntes cadascuna que hem d'omplir per obtenir la nostra recomanació d'insulina bolus. Només les dades de la primera finestra són obligatòries (valors de carbohidrats del àpat i mesura de glucosa pre-àpat).

Per desplaçar les finestres, es pot fer arrossegant la pantalla o fent clic en els botons que es troben a la part inferior de la pantalla.

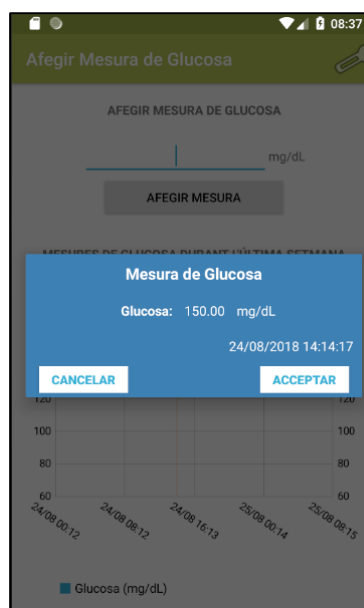
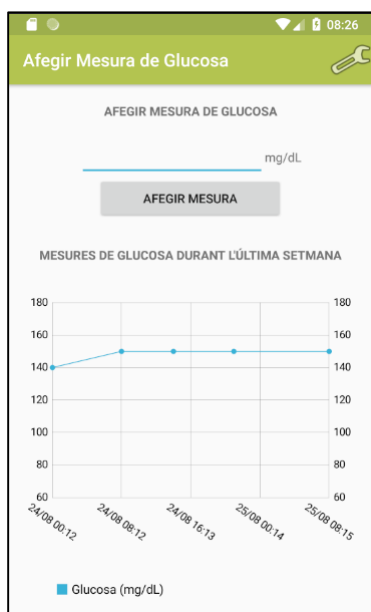
En qualsevol moment podem finalitzar el qüestionari fent clic al botó “Acabar”.

La finestra de la recomanació bolus és pràcticament idèntica a la de la recomanació basal, amb la diferència de que hi hauran moments en que no sigui possible realitzar una recomanació bolus, quan això passi l'aplicació ens alertarà i ens demanarà introduir una dosi manual per poder aprendre d'aquest cas.

Afegir mesures de glucosa

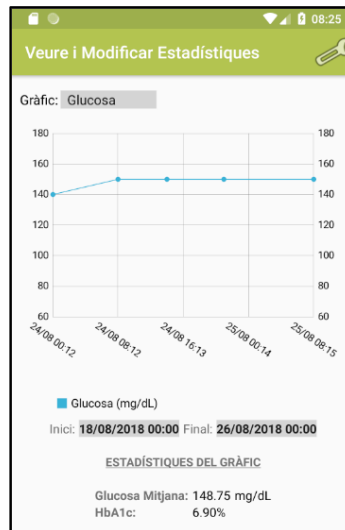
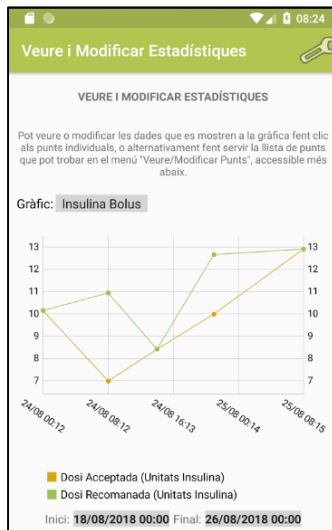
Des d'aquesta finestra es pot afegir una mesura de glucosa a la base de dades en qualsevol moment. Només cal omplir el camp corresponent i fer clic al botó "Afegir Mesura".

També disposa d'un gràfic amb les últimes mesures registrades, feu clic a qualsevol punt de la gràfica per obtenir més informació.



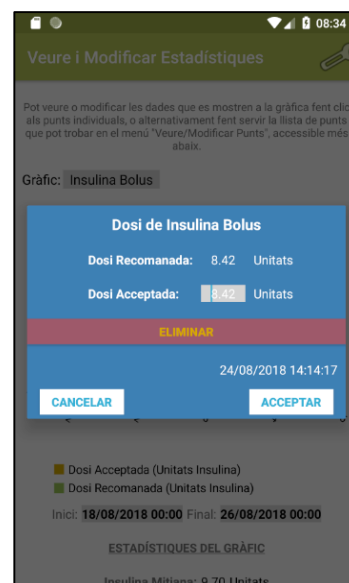
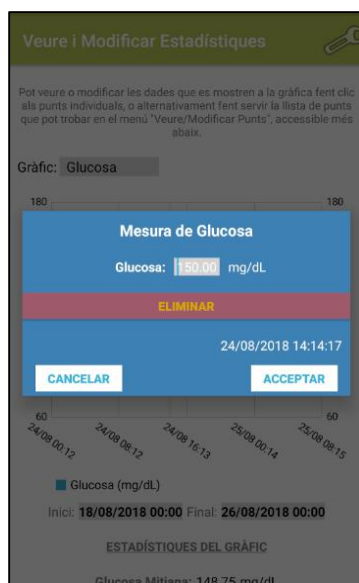
Veure/Modificar estadístiques

A la finestra d'estadístiques podem veure una gràfica en la part superior i estadístiques en la part inferior corresponents a dosis basals, dosis bolus i mesures de glucosa.

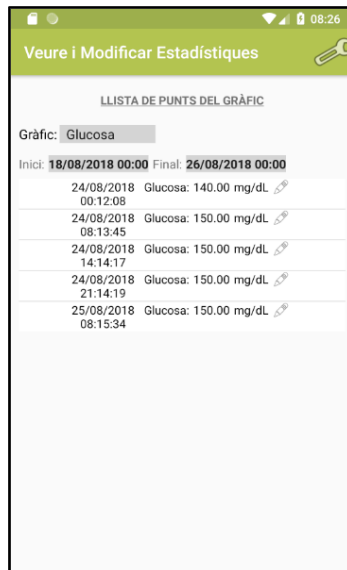


Per canviar el tipus de gràfica i la informació corresponent, s'ha de fer clic al nom damunt del gràfic, això obrirà un menú desplegable d'on podrem escollir el tipus d'estadístiques que volem veure. També es pot canviar el període de temps de les estadístiques, només cal fer clic als camps de "Inici" i "Final" que contenen la data inicial i final.

Per veure o editar informació dels punts de la gràfica, es pot fer clic sobre cadascun dels punts directament. Se'ns obrirà una finestreta similar a les que ja hem vist als gràfics anteriors, però en aquesta se'ns donarà l'opció d'editar els valors que hi apareixen. Per guardar els canvis hem de fer clic a "Acceptar". Alternativament també podrem esborrar les dades fent clic a "Eliminar".



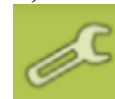
Alternativament, una altra forma de veure i editar punts del gràfic es fent clic al botó “Veure/Modificar Punts” a la part inferior de la finestra. En la finestra que se’ns obre podem veure tots els punts de la gràfica en una llista. Per editar un punt, hem de fer clic al botó d’editar que es troba al costat de cada fila, al fer-ho se’ns obrirà la mateixa finestreta d’abans.



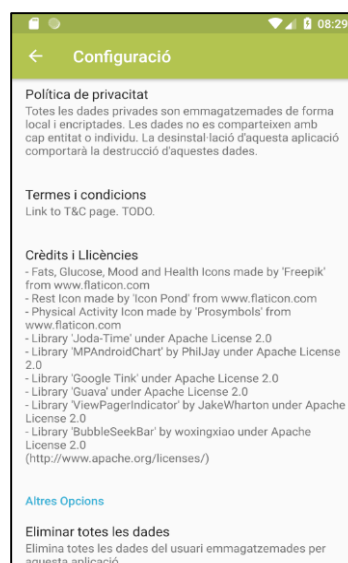
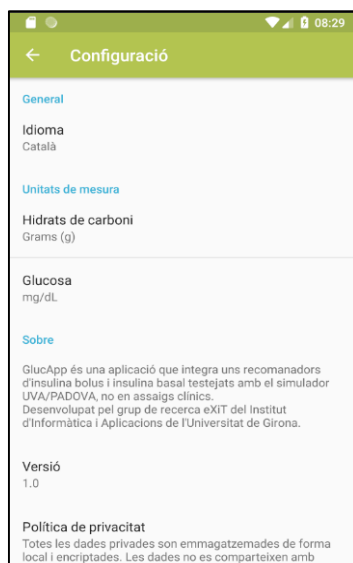
Configuració

La finestra de configuració es troba disponible des de qualsevol part de l’aplicació, només

cal fer clic al botó que es troba a la part superior esquerra i que té aquest aspecte:



A la finestra de configuració es pot canviar l’idioma de l’aplicació i les unitats de mesura per glucosa i hidrats de carboni. També al final de la finestra hi ha l’opció per esborrar totes les dades de l’aplicació i restablir-la a l’estat de fàbrica.



14.2. Annex 2: Guia de requeriments TICSalut

(A la pàgina següent)

Guia criteris del procés acreditació

Contingut

| | |
|----------------------------------|---|
| Introducció | 3 |
| Etiquetes i càlcul de nota | 3 |
| Críteris d'acreditació: | 4 |
| Usabilitat | 4 |
| Tecnològics | 7 |
| Seguretat | 8 |
| Continguts | 9 |

Introducció

Totes les aplicacions que apareixen en el portal AppSalut hauran superat un procés d'acreditació que estableix un entorn segur i de confiança en l'ús d'aquesta tecnologia. Durant el procés d'acreditació l'aplicació haurà de superar un seguit de criteris que s'estructuren en quatre blocs: *Usabilitat, Tecnològics, de Seguretat i de Continguts*.

Al final del procés d'acreditació l'Oficina mHealth.cat concedirà a aquelles aplicacions que hagin superat satisfactòriament els criteris mínims obligatoris per publicar al portal AppSalut una nota numèrica resultat de l'avaluació dels criteris.

Etiquetes i càlcul de nota

Cada una de les app incloses al portal AppSalut tindrà associada una nota numèrica resultat del procés d'acreditació. Aquesta nota serà calculada mitjançant el sumatori de les notes parcials de cadascun dels 4 blocs avaluats, on cada bloc tindrà un pes equivalent al 25% del total de la nota.

El criteri de mínims o d'obligat compliment per entrar a formar part del portal AppSalut consisteixen en tenir en compte que tots els requeriments on l'etiqueta sigui OBLIGATORI s'han de complir per poder superar el procés d'acreditació, en cas contrari, l'aplicació no podrà formar part del procés i quedarà exclosa.

Pel que fa a la nota, la resta de criteris on l'etiqueta sigui RECOMANABLE o DESITJABLE es calcularan sumant tots els criteris que es compleixen aplicant un factor de ponderació pels criteris recomanables de 0,6 i un factor de 0,4 dels desitjables, dividit pel nombre total de criteris del bloc, tal com es mostra a la següent fórmula:

$$\text{Nota parcial bloc} = \frac{\sum_1^n(\text{recomanables} * 0,6) + \sum_1^n(\text{desitjables} * 0,4)}{\sum_1^n(\text{recomanables} + \text{desitjables})}$$

A continuació es llisten els criteris d'acreditació on podeu consultar les etiquetes per a cada nivell d'exigència.

Criteris d'acreditació:

Usabilitat

| Criteri | Nivell 1 | Nivell 2 | Nivell 3 |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Accessibilitat | | | |
| Els elements (text, imatges, icones, botons, etc.) són identificables i fàcils d'utilitzar | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| El formulari de registre és ràpid d'emplenar (no conté més de 5 camps) | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| La font del text és intel·ligible i de fàcil lectura (mida, color i font) | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| El contrast cromàtic dels elements amb el fons ha de ser suficient (mínim 4,5:1) | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| L'aplicació és compatible amb els productes de suport (lectors de pantalla, magnificadors, comandaments de veu, etc.) | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| L'aplicació és compatible amb les eines d'accessibilitat del sistema operatiu | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Els controls, objectes, icones i imatges han de tenir un text alternatiu associat que indiqui la seva funció o significat (etiquetes) | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| Hi ha alternatives als avisos sonors: visuals o per vibració | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| El format dels camps de registre és senzill i obert (sense limitacions numèriques, nombre de caràcters, majúscules, etc.) | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| Està ressaltada l'entrada de dades sempre que sigui possible | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| S'utilitza la inversió de colors per destacar que un element ha estat seleccionat | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| Accepta i mostra tots els caràcters internacionals apropiats correctament | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| El procés d'accés al servei es du a terme de manera àgil i ràpida (enviament d'un correu de confirmació, validació de les dades d'accés, etc.) | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| Experiència d'usuari | | | |

| | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| La funcionalitat s'adapta a l'objectiu/finalitat de l'aplicació | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| És fàcil de trobar la informació | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| Les passes a seguir són clares i tenen sentit | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| L'ús de pestanyes, menús i opcions fan fàcil la navegació i aporten informació sobre on es troba l'usuari | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| S'indiquen amb claredat els camps que no han estat omplerts correctament o són incorrectes | Desitjable | Obligatori | Obligatori |
| Els camps de registre incorporen mecanismes d'ajuda per facilitar el procés (calendaris pre-determinats, desplegable, descriptius, etc.) | Desitjable | Obligatori | Obligatori |
| Els camps d'entrada de dades operatives estan clarament marcats | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| Incorpora un menú de navegació que facilita l'accés directe a totes les funcionalitats de l'App | Desitjable | Recomanable | Obligatori |
| Les funcionalitats (GPS, sensors, etc.) funcionen correctament | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Les funcionalitats que incorpora es carreguen amb celeritat i dins d'uns marges de temps raonables | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| La posició, mida, marges i distàncies dels elements són correctes per fer un ús intuïtiu, llegible i eficaç | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| S'identifica amb claredat la funció de cada element (clicable, estàtic, <i>drop down</i> , selector, vídeo, etc.) | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| Les icones visuals de l'aplicació són comprensibles i reflecteixen amb claredat les funcionalitats associades | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| Incorpora un botó que permet retrocedir directament cap a la <i>home</i> i a la pantalla anterior | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| Minimitza els passos que ha de realitzar l'usuari per accedir a qualsevol opció (recomanable: màxim 3) | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| Gestiona adequadament les pulsacions múltiples o <i>multitouch</i> | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| En tots els casos, l'aplicació és llegible i el temps de lectura suficient | Recomanable | Recomanable | Obligatori |

| | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Si té més d'un idioma, funciona el canvi d'idioma i aquest s'ajusta de forma adequada a la interfície i els continguts | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| És capaç de gestionar adequadament problemes amb el dispositiu, errors de precisió, errors de <i>hardware</i> o derivats d'un ús inadequat | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'avisava a l'usuari per confirmar ordres que tenen conseqüències destructives | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'adverteix als usuaris sobre la producció d'un error potencial serio | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Informa a l'usuari si es requereix un temps d'arrencada llarg (per defecte, superior a 5 segons) | Desitjable | Desitjable | Desitjable |
| Notifica a l'usuari en cas d'operacions de llarga durada | Desitjable | Desitjable | Desitjable |
| Permet a l'usuari cancel·lar les operacions de llarga durada | Desitjable | Recomanable | Obligatori |
| Notifica a l'usuari en cas d'interrupció externa | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| Avisa quan no es disposa de connectivitat | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| Notifica a l'usuari en cas de baixa qualitat de la xarxa a la que s'està connectant | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| El repintat de la pantalla funciona correctament en canvis d'orientació del dispositiu, menús emergents, finestres emergents, etc. | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| Es mostra el teclat adequat per cada tipus d'entrada | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| L'arquitectura de la informació de l'aplicació és simètrica, harmònica i proporcionada | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| Si l'usuari accepta una trucada entrant mentre s'executa l'aplicació, hauria de ser possible retornar al mateix punt al final de la trucada | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| El sistema d'ajuda utilitza figures o gràfics freqüentment | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| Identitat visual | | | |
| El codi de colors és uniforme i segueix un patró estèticament lineal | Desitjable | Recomanable | Obligatori |
| Tots els elements gràfics (tipografies, icones, botons, etc.) són usats de la mateixa manera a | Recomanable | Recomanable | Recomanable |

| | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|
| totes les vistes. Hi ha coherència | | | |
| Incorpora icones visuals que donen un caràcter atractiu a l'aplicació | Desitjable | Desitjable | Desitjable |
| No existeixen problemes evidents d'usabilitat (per exemple un botó que en un dispositiu es visualitza massa petit com per ser premut) | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| Combina de forma equilibrada continguts audiovisuals amb continguts textuais | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| L'aplicació està correctament localitzada (texts per diferents idiomes, divises, errors ortogràfics,...) | Recomanable | Recomanable | Recomanable |

Tecnològics

| Criteri | Nivell 1 | Nivell 2 | Nivell 3 |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Comprova la introducció de dades errònies (formats, rangs, etc.) | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| No falla abruptament durant el seu ús (bloquejos, etc.) | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| Es recupera correctament en canvis de context (canvi a una altra aplicació i tornar), interrupcions externes (trucada entrant, recepció d'un missatge, etc.) i apagats del terminal | Desitjable | Desitjable | Desitjable |
| No consumeix recursos excessivament: bateria, CPU, memòria, dades, etc. | Desitjable | Desitjable | Desitjable |
| S'instal·la i desinstal·la adequadament | Desitjable | Recomanable | Recomanable |
| No falla en casos d'ús prolongat en el temps | N/A | Recomanable | Recomanable |
| Quan l'aplicació s'executa en segon pla aquesta no afecta a funcions del sistema o altres aplicacions, a no ser que estigui dissenyada específicament per fer-ho | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| El recursos de base de dades han d'estar degudament compartits entre l'aplicació i el sistema | N/A | Recomanable | Recomanable |
| No ha d'utilitzar els recursos de xarxa excessivament | Desitjable | Desitjable | Desitjable |
| La velocitat de l'aplicació és acceptable pel propòsit requerit i no ha d'alterar l'experiència d'usuari o ser incontrolable | Desitjable | Desitjable | Desitjable |

| | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|
| No falla en condicions d'alta demanda o càrrega del servei | N/A | Recomanable | Recomanable |
| Durant l'execució, es comporta correctament en el termini d'un esdeveniment amb hora | Desitjable | Recomanable | Recomanable |
| La suspensió i la represa repetida de l'aplicació es controla correctament | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| Durant la utilització de les capacitats de xarxa, és capaç d'operar en mode avió | Desitjable | Recomanable | Recomanable |
| Durant la utilització de les capacitats de xarxa, és capaç d'operar amb els endarreriments de xarxa i qualsevol pèrdua de connexió | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| Durant la utilització de les capacitats de xarxa per la descàrrega d'arxius de recursos, és capaç d'operar en mode pausa i reprendre les interrupcions a les descàrregues | N/A | Recomanable | Recomanable |
| Es reprèn correctament des d'un estat de suspensió quan expira un esdeveniment programat | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| S'inicia correctament al venciment d'un esdeveniment programat, després de sortir de l'aplicació | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| No es bloqueja o congela en cap moment mentre s'executa al dispositiu | Obligatori | Obligatori | Obligatori |

Seguretat

| Criteri | Nivell 1 | Nivell 2 | Nivell 3 |
|--|------------|------------|------------|
| Informa sobre si l'aplicació requereix el registre de dades d'usuari pel seu funcionament | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Informa sobre la tipologia de dades d'usuari que són recollides durant el seu funcionament | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Informa sobre la finalitat i l'ús que el propietari farà de les dades registrades | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| No recull cap dada que no sigui imprescindible per a la prestació del servei que percep l'usuari | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Especifica si terceres entitats podran tenir accés a les dades, així com les condicions sota les quals es produiria aquesta cessió | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Describeu la política de manteniment i eliminació de les dades proporcionades per l'usuari | Obligatori | Obligatori | Obligatori |

| | | | |
|---|-------------|-------------|------------|
| Realitza correctament els processos d'autenticació de dades d'usuari (ex. col·lectiu professionals) | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Describeix els drets d'accés, rectificació, cancel·lació o baixa de les dades | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Les contrasenyes es mostren directament i no s'emmagatzemen en el dispositiu | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| Es gestiona correctament l'accés a informació personal amb l'aprovació per part de l'usuari | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Sol·licita els permisos necessaris per accedir als diferents serveis del dispositiu i aquests, estan publicats i descrits | Desitjable | Recomanable | Obligatori |
| Disposa d'un mecanisme de validació d'usuari propi per accedir a informació confidencial o privada | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Els canals de comunicació emprats estan encriptats | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Els mecanismes d'autorització i autenticació és realitzen correctament | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| El codi font en els binaris de l'aplicació està ofuscat | Obligatori | Obligatori | Obligatori |

Continguts

| Criteri | Nivell 1 | Nivell 2 | Nivell 3 |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Finalitat funcional | | | |
| S'indiquen de manera explícita (o s'intueixen clarament) els públics als quals va dirigida l'APP | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'indiquen els beneficis o avantatges que proporciona la utilització de l'APP | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Adaptació als públics | | | |
| Els continguts i funcionalitats que s'ofereixen són de potencial interès per al perfil d'usuari al qual s'adreça | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| L'APP ha estat validada per un grup de professionals especialitzats, o un organisme de salut, societat científica | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| Persistència dels avisos rellevants, fins que l'usuari confirmi la seva lectura. | Desitjable | Desitjable | Obligatori |

| | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|
| S'utilitza un llenguatge comprensible i senzill, amb missatges curts i clars, adaptat al perfil d'usuari en quant a estil i nivell lingüístic | Desitjable | Recomanable | Obligatori |
| Propietat i autoria dels continguts | | | |
| S'identifica amb claredat de qui és la propietat de l'APP | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'identifica amb claredat de quines terceres entitat i/o organitzacions han col·laborat en el desenvolupament de l'APP | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| L'APP proporciona informació concisa respecte els procediments utilitzats per seleccionar els seus continguts | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| Es mostra informació complementària sobre el propietari (a través d'un enllaç externs o dins la mateixa APP) | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| S'identifica amb claredat qui o quins són els responsables dels continguts de l'APP | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'aporta informació complementària sobre els autors dels continguts per generar credibilitat i oferir garanties de qualitat | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| S'informa sobre les fonts de finançament, promoció i patrocini de l'APP | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| Funcionalitats de valor | | | |
| Existeixen elements d'autoajuda com videotutorials, guies o secció de preguntes més freqüents per facilitar-ne el seu us | Desitjable | Recomanable | Recomanable |
| Existeixen mecanismes de suport a l'usuari (correu electrònic, telèfon, formulari de contacte) per resoldre dubtes, problemes o incidències | Desitjable | Recomanable | Recomanable |

| | | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| S'ofereix la possibilitat de contactar amb el propietari de l'APP a través d'alguna modalitat de contacte (correu electrònic, telèfon, etc.) | Desitjable | Desitjable | Desitjable |
| Les funcionalitats que incorpora aporten utilitat als usuaris, en termes d'estalvi de temps o majora informació. | Recomanable | Recomanable | Recomanable |
| Qualitat dels continguts | | | |
| S'indica amb quina freqüència es revisen o s'actualitzen els continguts de l'APP | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'indica la data de la darrera revisió de l'APP | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'hi especifiquen els canvis o modificacions que s'han realitzat respecte a l'última actualització | Recomanable | Recomanable | Obligatori |
| S'indiquen les fonts d'informació dels continguts recollits a l'APP | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'apel·la a l'evidència científica per garantir la rugositat i qualitat dels continguts | Recomanable | Obligatori | Obligatori |
| Advertències i requeriments legals | | | |
| S'alerta que la APP no pretén reemplaçar els serveis oferts d'un professional | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'informen sobre els possibles riscos derivats d'un mal ús de l'APP | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| S'informen sobre els possibles riscos adversos produïts per l'ús de l'App | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| L'APP adverteix que es gestiona informació/dades de menors | Obligatori | Obligatori | Obligatori |
| L'APP adverteix que es gestiona informació/dades de terceres persones | Obligatori | Obligatori | Obligatori |

dependents

L'APP informa sobre la política de cookies

Obligatori

Obligatori

Obligatori