

Grau en Enginyeria Informàtica de Gestió i Sistemes d'Informació

APP MÒBIL PER REALITZAR ENTRENAMENTS DE REM

Memòria

DAVID FERNÁNDEZ LÓPEZ

TUTOR: JOAN CODINA FILBÀ

CURS 2019-20

Abstract

Nowadays rowing is a sport that does not have much technological tools compared to other known sports. The aim of this project is to create a mobile app to help with the development and training of these athletes. Through the mobile sensors (accelerometer, gyroscope, GPS, etc.) data capture and its analysis, the app help rowers keeping a stable and balanced rhythm, achieving a well-balanced boat and efficiently rows.

Resum

Actualment el rem és una activitat esportiva que no disposa de gran quantitat d'eines tecnològiques en comparativa amb altres esports més coneguts. L'objectiu d'aquest projecte és crear una aplicació mòbil per ajudar a la formació i entrenament d'aquests esportistes. Mitjançant la captura de dades dels sensors (acceleròmetre, giroscopi, GPS, etc.) i el seu anàlisi, l'aplicació ajuda als vogadors a mantenir un ritme estable i equilibrat, fent que l'embarcació sigui més estable i les remades més eficients.

Resumen

Actualmente el remo es una actividad deportiva que no dispone de gran cantidad de herramientas tecnológicas en comparación a otros deportes más conocidos. El objetivo de este proyecto es crear una aplicación móvil para ayudar a la formación y entrenamiento de estos deportistas. Mediante la captura de datos de los sensores (acelerómetro, giroscopio, GPS, etc.) y su análisis, la aplicación ayuda a los remeros a mantener un ritmo estable y equilibrado, haciendo que la embarcación sea más estable y las remadas más eficientes.

Índex

| | |
|--|-----|
| Índex de figures | III |
| Glossari de termes | V |
| 1 Introducció | 1 |
| 2 Marc teòric | 3 |
| 2.1 Context..... | 3 |
| 2.1.1 El rem | 3 |
| 2.1.2 La palada..... | 3 |
| 2.1.3 Palades per minut | 5 |
| 2.2 Antecedents..... | 6 |
| 2.2.1 <i>Boatcoach para remar y erg</i> | 6 |
| 2.2.2 <i>Rowing in Motion – Solo</i> | 7 |
| 2.2.3 <i>Quiske Rowing</i> | 8 |
| 2.2.4 Conclusions dels antecedents | 9 |
| 2.3 Necessitats d'informació..... | 10 |
| 3 Objectius i abast | 11 |
| 3.1 Objectius | 11 |
| 3.2 Públic potencial..... | 11 |
| 3.3 Abast | 12 |
| 4 Metodologia | 13 |
| 4.1 Plantejament del projecte | 13 |
| 4.2 Metodologia de desenvolupament del software..... | 14 |
| 4.3 Eines..... | 15 |
| 5 Desenvolupament | 17 |
| 5.1 Anàlisi i definició de requeriments | 17 |
| 5.2 Disseny del software | 17 |
| 5.3 Disseny d'interfície..... | 19 |
| 5.4 Versió d'API | 20 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.5 | Recollida de dades externa..... | 21 |
| 5.6 | Recollida i càlcul de les dades en l'aplicació..... | 24 |
| 5.7 | Producte final | 26 |
| 6 | Conclusions | 27 |
| 6.1 | Anàlisi de resultats | 27 |
| 6.2 | Conclusions..... | 27 |
| 6.3 | Possibles ampliacions | 27 |
| 6.3.1 | Machine Learning..... | 28 |
| 6.3.2 | Traduccions | 28 |
| 6.3.3 | Monitorització d'altres dades | 28 |
| 6.3.4 | Registre de dades | 28 |
| 6.4 | Aplicació multi plataforma | 28 |
| 7 | Bibliografia..... | 31 |

Índex de figures

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Forces en una embarcació de rem. | 4 |
| Figura 2.2 Fases i acceleracions del rem. | 4 |
| Figura 2.3 Logotip Boatcoah para remar y erg..... | 6 |
| Figura 2.4 Pantalles aplicació Boatcoach para remar y erg..... | 7 |
| Figura 2.5 Logotip aplicació Rowing in Motion - Solo. | 7 |
| Figura 2.6 Pantalles aplicació Rowing in Motion - Solo..... | 8 |
| Figura 2.7 Logotip aplicació Quiske Rowing..... | 8 |
| Figura 2.8 Pantalla aplicació Quiske Rowing. | 9 |
| Figura 4.1 Esquema desenvolupament en cascada. | 14 |
| Figura 5.1 Estructura de paquets i classes de l'aplicació. | 18 |
| Figura 5.2 Diagrama de seqüència de l'aplicació. | 19 |
| Figura 5.3 Pantalla de l'aplicació..... | 20 |
| Figura 5.4 Gràfic de compatibilitats de les API d'Android. | 21 |
| Figura 5.5 Pantalles de l'aplicació Senslogs. | 22 |
| Figura 5.6 Pantalla de registres de l'aplicació Senslogs. | 23 |
| Figura 5.7 Fitxer de text de l'acceleròmetre resultant de la captura de dades amb Senslogs. | 24 |
| Figura 5.8 Eixos de coordenades del telèfon mòbil. | 25 |
| Figura 5.9 Eixos de coordenades globals. | 25 |
| Figura 5.10 Logotip de l'aplicació TecnoRem. | 26 |

Glossari de termes

| | |
|------|--|
| GPS | Global Positioning System |
| IDE | Integrated Development Environment |
| IRPF | Impost sobre la Renda de les Persones Físiques |
| ECTS | European Credit Transfer and Accumulation System |
| RAM | Random Access Memory |
| LOPD | Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal |

1 Introducció

Aquest projecte té com a objectiu el desenvolupament d'una aplicació mòbil que serveixi d'ajuda als esportistes de rem en els seus entrenaments i competicions. Es vol aconseguir, mitjançant les dades que es poden obtenir amb els sensors dels telèfons mòbils, que els vogadors millorin el seu rendiment i adaptin l'entrenament gràcies a la informació obtinguda a través de l'aplicació.

La motivació d'aquest Treball Final de Grau és crear una eina que sigui d'ajuda a un àmbit esportiu secundari que no disposa de gran visibilitat i recursos, per tal de potenciar la disciplina i els clubs de rem, aprofitant les eines que ofereixen els dispositius mòbils en l'actualitat.

2 Marc teòric

2.1 Context

2.1.1 El rem

El rem és una disciplina esportiva consistent en el moviment d'una petita embarcació sobre l'aigua amb la força que produeixen els seu tripulants mitjançant rem [1]. Existeixen diverses modalitats dins d'aquest esport, segons diferents característiques [2]:

- Tipus de banc (fixe o mòbil).
- Tipus d'embarcació.
- Nombre de tripulants.
- Tipus de localització.
- Etc.

Algunes modalitats del rem són olímpiques des de fa molts anys (des del 1900 en modalitat masculina i des del 1976 en femenina). També existeixen competicions molt populars, com la coneguda Regata Oxford-Cambridge que té lloc cada any al riu Tàmesi (Londres) entre aquestes dues prestigioses universitats.

L'organisme que organitza i regula les normes i competicions de rem a nivell mundial és la FISA (Federació Internacional de Societats de Rem), amb més de 100 anys d'història i afiliada a unes 150 federacions nacionals [3].

Com que son embarcacions sensibles a les errades dels remers, és molt important que tots segueixin el mateix ritme i vagin sincronitzats, ja que en cas contrari poden haver-hi pèrdues d'estabilitat i rendiment a l'embarcació. El ritme i sincronització de la remada són clau per aconseguir un bon rendiment durant l'activitat.

2.1.2 La palada

Durant l'activitat, els esportistes efectuen diversos tipus de força per tal d'aconseguir el moviment de l'embarcació. Aquestes forces, juntament amb altres variables que cal tenir en compte (com per exemple, les onades) acaben determinant l'acceleració de l'embarcació, que alhora es trasllada a les palades per minut [4].

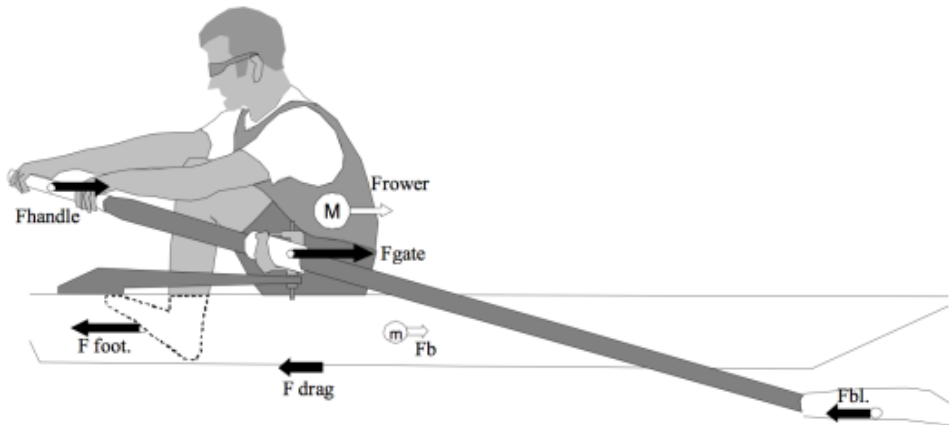


Figura 2.1 Forces en una embarcació de rem. Font: V. Kleshnev, *Boat acceleration, temporal structure of the stroke cycle, and effectiveness in rowing*

Tot i poder entendre la palada com el moment exacte de l'acceleració de l'embarcació, és un moviment format per diverses fases que actuen de manera molt diferent en l'acceleració [5]:

- Atac: és el moment en que s'introdueix la pala a l'aigua. En aquest moment és pràcticament inevitable que es produeixi una petita desacceleració ja que el rem frena l'embarcació durant uns petits instants. En les activitats en grup, es poden produir pèrdues d'estabilitat si no se sincronitza el moment d'entrada de tots els remes a l'aigua.
- Passada: en aquesta fase es produeix el moviment del rem dins l'aigua, produint una acceleració positiva progressiva.
- Sortida: moment d'extracció del rem de l'aigua. Cal que sigui un moviment vertical i net per tal d'evitar la desacceleració de l'embarcació. És el moment de major velocitat.
- Recuperació: es porta la pala de nou a la posició inicial per a iniciar un nou cicle.

La fluïdesa, ritme i sincronització del moviment és clau per a obtenir una remada eficient.

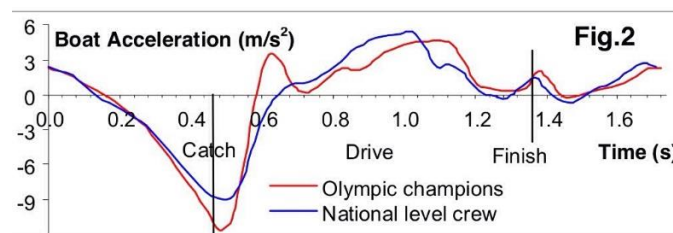


Figura 2.2 Fases i acceleracions del rem. Font: Dr. Valery Kleshnev - *Rowing Biomechanics Newsletter*

2.1.3 Palades per minut

Mentre es realitza l'activitat, els remers necessiten conèixer a quina velocitat o ritme es mou la seva embarcació. Una de les magnituds que utilitzen com a referència son les palades per minut. Conèixer aquesta referència fa que els remers puguin adaptar les seves remades al ritme desitjat. Segons els nivells i condicions físiques del participants es poden assolir palades per minut superiors o inferiors.

Per a la majoria d'entrenaments, una ràtio d'entre 24 i 30 palades per minut acostuma a ser la mitja. En entrenaments amateurs aquest nombre serà menor, mentre que en competicions es pot arribar a xifres properes a les 36 palades per minut [6].

Obtenir aquesta dada de forma manual és relativament senzill. Tan sols cal comptabilitzar quantes palades es realitzen en un minut. El repte es troba en fer-ho de manera automàtica, sense que cap remer hagi de preocupar-se de comptabilitzar les palades i el temps. Això es pot fer tenint en compte diferents aspectes que afecten al moviment de l'embarcació, però principalment els canvis d'acceleració.

El principal problema esdevé amb l'acceleració que detecten els sensors dels *smartphones*. En trobar-se l'embarcació en moviment, els sensors calculen l'acceleració total de l'embarcació. Com que només es vol detectar l'acceleració que produeixen les palades, cal eliminar la força que produeix la velocitat actual a l'acceleració (inèrcia del moviment).

Per realitzar aquests càlculs cal saber quin part de l'acceleració es troba en línia amb la velocitat. D'aquesta manera es pot conèixer quina part de l'acceleració és en la direcció del moviment i no és un cop de mar, per exemple. Calculant el producte escalar de la velocitat i l'acceleració, entre el mòdul de la velocitat, s'obté l'acceleració que produeixen els remers.

$$a = \frac{V \cdot A}{|V|}$$

(on $V \cdot A$ és el producte escalar)

2.2 Antecedents

Actualment no existeixen gaires aplicacions mòbils enfocades totalment en l'àmbit del rem. Si bé és cert que hi ha infinitat de solucions dedicades a registrar activitats a l'aire lliure com, per exemple, el *running*, quan parlem de disciplines menys conegudes el nombre d'aplicacions disminueix considerablement. Tot i això, existeixen algunes aplicacions amb funcionalitats semblants a les que es volen aconseguir en aquest projecte.

L'aspecte més important que cal identificar en relació amb aquests programes, és saber si es tracta d'una aplicació per a rem exterior o interior (màquines de gimnàs). En el cas del rem en interior, la majoria son aplicacions amb connectivitat als sensors de la pròpia màquina (ergòmetre), ja que no es poden registrar dades amb els sensors dels *smartphones* en ser en estàtic i en un lloc tancat (necessita moviment i senyal GPS). Algunes solucions ofereixen funcionalitats per ambdues opcions.

Fent un repàs per la botiga d'aplicacions d'Android (Play Store) es poden trobar solucions com les següents.

2.2.1 *Boatcoach para remar y erg*



Figura 2.3 Logotip Boatcoah para remar y erg. Font: Google Play Store

[Enllaç Play Store](#)



Figura 2.4 Pantalles aplicació Boatcoach para remar y erg. Font: Google Play Store

Aquesta aplicació ofereix les funcionalitats de registre de dades tant en rem exterior (mitjançant les dades recopilades pels sensors del mòbil) com rem interior (a través de la connexió Bluetooth o USB amb els sensors dels ergòmetres del fabricant Concept2).

Pel que fa al rem en exterior, registra dades com el ritme, comptador de palades, distància recorreguda, velocitat mitjana, temps, calories, ritme, mostra el recorregut en el mapa, gràfiques, etc.

També disposa de programes d'entrenament amb distàncies i/o ritmes pre-fixats o per objectius.

2.2.2 Rowing in Motion – Solo

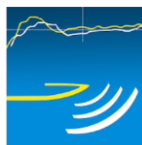


Figura 2.5 Logotip aplicació Rowing in Motion - Solo. Font: Google Play Store

[Enllaç Play Store](#)

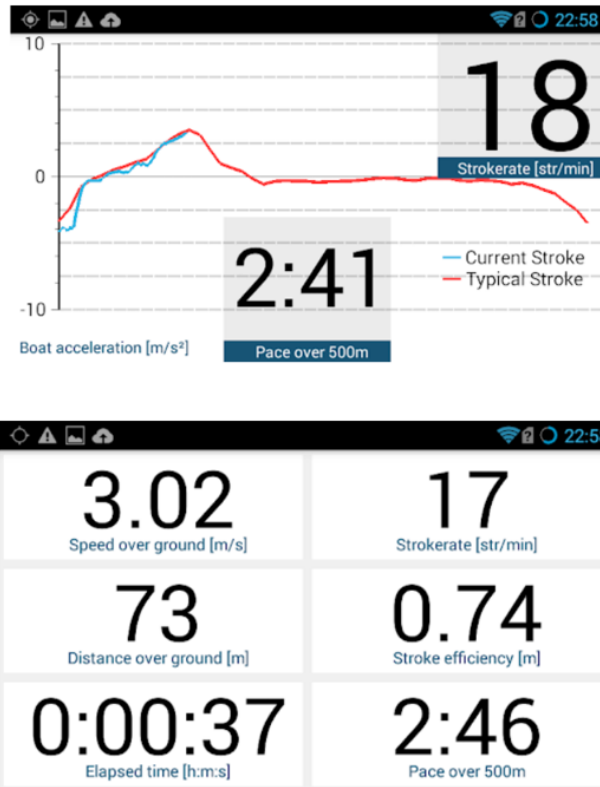


Figura 2.6 Pantalles aplicació Rowing in Motion - Solo. Font: Google Play Store

Es tracta d'una app amb funcionalitats molt similars a l'anterior. Es registren dades com la velocitat, ritme de palades, distància i acceleració. També disposa de gràfics per veure les dades d'una manera més visual. Implementa una funcionalitat que marca amb so el ritme ideal de palades, i una funció *coach*, especialment dissenyada pels entrenadors, on poden veure en temps real les dades del remer (mitjançant connexió WIFI entre els dos dispositius).

2.2.3 Quiske Rowing



Figura 2.7 Logotip aplicació Quiske Rowing. Font: Google Play Store

[Enllaç Play Store](#)

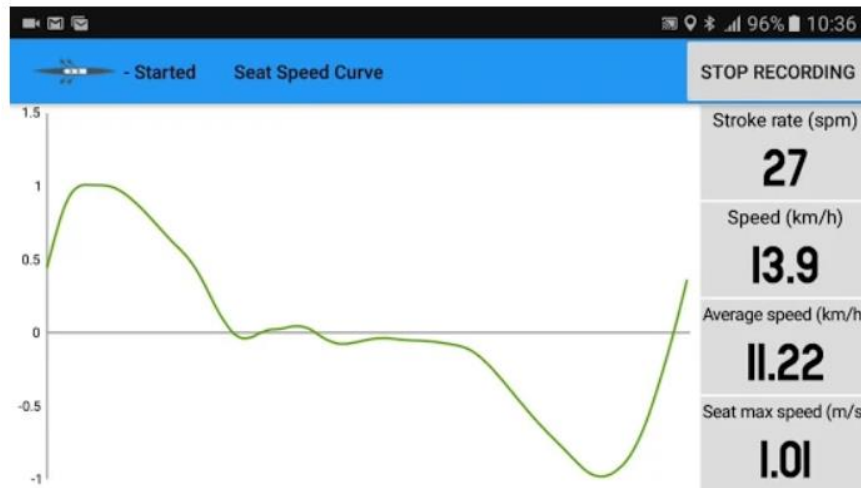


Figura 2.8 Pantalla aplicació Quiske Rowing. Font: Google Play Store

Aquesta aplicació també ofereix dades tant en rem interior com exterior. Per fer-ho en interior, però, necessita un dispositiu que s'ha d'adquirir per separat (amb un preu de 285€) per tal de poder recopilar dades en espais tancats. Aquest dispositiu també serveix per quan es navega en exteriors, ja que recopila més dades que les que recull el propi *smartphone*, i ofereix d'aquesta manera una experiència més completa.

Les dades que recopila són: ritme de palada, acceleració, velocitat, temps i distància. Amb el dispositiu extra, a més, s'obté informació sobre com es mouen els remos i el seient (en embarcacions de banc mòbil). L'aplicació també ofereix gràfics amb les dades recopilades.

2.2.4 Conclusions dels antecedents

Amb aquest repàs per la botiga d'aplicacions d'Android es pot veure que no hi ha una gran opció de solucions similar a les que es volen aconseguir amb aquest treball. També es veu que algunes opcions requereixen d'elements extres que comporten una despesa extra bastant elevada per l'usuari final en forma d'accessoris.

Una característica important d'aquestes tres aplicacions és que cap d'elles és de codi obert, ja que el seu codi font no és accessible, per tant la seva evolució i suport es troben limitats per l'empresa o desenvolupador que hi ha darrere.

2.3 Necessitats d'informació

Per tal de dur a terme aquest projecte es necessiten diversos recursos tant d'informació com de tecnologia. Són els següents:

- Dades dels sensors del telèfon mòbil per a analitzar.
- Documentació sobre programació d'aplicacions mòbils en Android.
- Documentació sobre rem i física.
- Documentació sobre el funcionament dels sensors en Android i la recollida de les dades que generen.

3 Objectius i abast

3.1 Objectius

Els objectius que es volen aconseguir amb la realització d'aquest projecte són:

- Dotar als esportistes professionals i no professionals d'una eina d'anàlisi de dades sobre la seva activitat, en qualsevol espai i moment.
- Dotar als clubs i federacions d'una eina d'anàlisi de dades sobre les activitats dels seus esportistes.
- Dotar als clubs i federacions d'una eina base per a l'anàlisi d'activitats dels seus esportistes, ampliable amb funcionalitats que es vulguis incorporar posteriorment.
- Facilitar l'accés dels esportistes professionals i no professionals a una eina que millori el seu rendiment esportiu, sense que suposi grans costos en material professional.

Generar un projecte de codi obert que pugui ser millorat al llarg del temps mitjançant el compartiment de codi i la col·laboració de la comunitat.

3.2 Públic potencial

El públic potencial de l'aplicació són totes aquelles persones que practiquen rem en tot el món, interessades en millorar el seu rendiment i conèixer els seus ritmes de remada. Aquests esportistes poden ser federats o simplement ser aficionats que practiquen esporàdicament aquest esport en el seu temps lliure. En el cas dels esportistes federats, aquests participen en competicions oficials i es troben sota la disciplina d'un club de rem.

Per fer-se una idea amb xifres, segons les dades de la Federación Española de Remo, l'any 2018 es van registrar a Espanya un total de 10.689 llicències de rem [7]. Concretament, a Catalunya, el nombre de llicències va ser de 2.118, la comunitat autònoma amb més llicències. També a Catalunya, el nombre de clubs de rem registrats és de 30 [8].

Els aficionats no federats, suposen també un bon nombre de remers, tot i que no hi ha una xifra oficial per a poder comptabilitzar-los, ja que no cal que estiguin adscrits a un club (poden estar-ho si volen fer ús de les seves instal·lacions i material, però també poden anar per lliure).

També els clubs i federacions son públic potencial de l'aplicació, ja que tot i que l'usuari final sigui el remer, un club pot estar interessat en obtenir una versió adaptada de l'aplicació per tal d'analitzar i registrar digitalment les dades dels seus esportistes, i mantenir així un control de les seves activitats.

3.3 Abast

L'abast del projecte determina fins on s'ha d'arribar i quins aspectes o tasques depenen dels participants del projecte, per tal d'aconseguir els objectius marcats.

En el cas d'aquest projecte són els següents:

- Realització dels estudis de viabilitat (tècnica i econòmica).
- Definició dels requeriments d'usuari.
- Disseny de l'aplicació.
- Captura de dades i detecció de la remada.
- Desenvolupament del software del programa.
- Validació i proves de l'aplicació.

4 Metodologia

4.1 Plantejament del projecte

La plantejament inicial d'aquest projecte té en compte no només el desenvolupament i disseny del software en si, sinó tot el TFG en el seu conjunt. A més del producte final en si (l'aplicació), cal realitzar tasques important referents a la documentació de tot el projecte, com son el disseny, requeriments, riscos, pressupost, etc.

D'altra banda, cal realitzar un estudi sobre com es poden obtenir les dades de les remades mitjançant els sensors, i quina és la manera més fiable i precisa de fer-ho. Aquesta part és essencial ja que es tracta d'una component molt delicada de la captura de dades, on poden interferir diversos factors i obtenir resultats inesperats.

A continuació es detallen les tasques generals del projecte:

- Redacció de l'avantprojecte: consisteix a realitzar una definició prèvia de tot el que es vol aconseguir i es necessita per aconseguir els objectius del projecte.
- Estudi de viabilitat: cal analitzar i estudiar la viabilitat del projecte, tant a nivell econòmic com tècnic. També cal considerar les possibles implicacions a nivell mediambiental i legal.
- Definició de requeriments: per a un bon disseny de l'aplicació cal tenir clar i definir amb cura quins son els requeriments que ha de complir el producte final.
- Disseny: cal decidir i realitzar el disseny de l'aplicació, tant a nivell de software, com a nivell gràfic.
- Desenvolupament del software: realitzar la implementació del software, tot seguint els dissenys decidits en l'etapa prèvia.
- Proves: a mida que es va implementant el software i un cop s'obté una versió avançada del producte final, cal anar realitzant proves per verificar que tot funciona correctament.
- Documentació: el funcionament de l'aplicació cal que quedi recollit de manera escrita per tal de facilitar l'ús o dubtes que es puguin tenir. Això es fa en aquesta memòria final del TFG.

4.2 Metodologia de desenvolupament del software

Tot projecte informàtic ha de tenir un model de desenvolupament que determina quina és la metodologia que es porta a terme durant tot el projecte. Existeixen dos grans grups on s'engloben aquests models, els anomenats tradicionals, i els àgils.

Actualment els mètodes àgils han guanyat molta influència i són molt utilitzats, sobretot en grans empreses, ja que faciliten el desenvolupament per equips. Tot i això, per a projectes individuals com aquest, els beneficis que aporten els models àgils no són tant evidents, ja que el fet de tenir un sol programador no permet la rapidesa i simplificació de les tasques.

Es per això que el model de desenvolupament que es porta a terme per realitzar aquest projecte és un model clàssic, concretament el desenvolupament en cascada (o seqüencial) [9]. Aquest model es caracteritza per dividir el desenvolupament per etapes, de manera seqüencial. Cada etapa s'alimenta dels lliurables generats en l'etapa anterior, pel que cal esperar a la finalització de cada etapa per a iniciar la següent. Al final de cada etapa cal fer una revisió per veure si el projecte està preparat per passar a la següent fase, en cas contrari cal realitzar els canvis necessaris i tornar-ho a revisar.

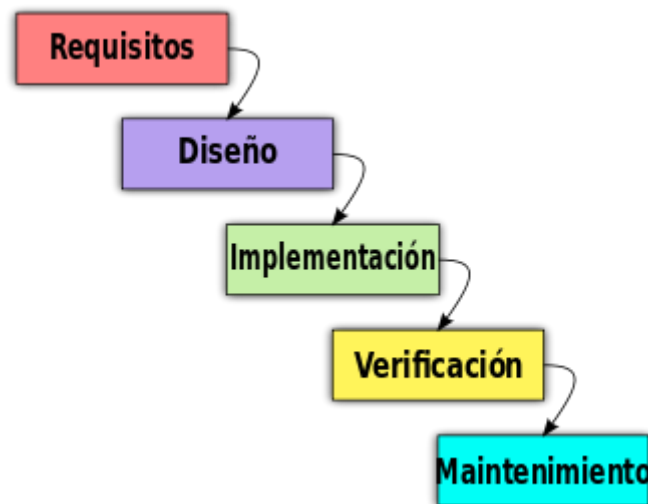


Figura 4.1 Esquema desenvolupament en cascada. Font: Wikipedia

Com es pot veure a la figura anterior, les etapes que caracteritzen aquest model de desenvolupament són:

- Anàlisi de requeriments: es defineixen els requeriments i funcionalitats que ha de tenir el producte final amb l'objectiu de començar a definir el producte. Aquesta fase també serveix per definir si la viabilitat del projecte és factible.
- Disseny: s'elabora una visió prèvia de l'estructura o arquitectura del software que ha de tenir el projecte. També es poden realitzar prototips visuals del producte final. En cas de *testing*, també es poden definir els plans de prova per als components.
- Implementació: aquesta fase és la fase principal de qualsevol projecte de software. Es tracta del desenvolupament i programació del software del producte.
- Verificació: en aquesta etapa es realitzen les proves definides prèviament a l'aplicació. Pot ser des de *testing* automatitzat fins a proves amb usuaris finals seleccionats i en entorns reals. En cas de no validar aquest etapa el projecte tornaria a la fase de implementació.
- Manteniment: un cop ja ha finalitzat el desenvolupament dels software cal tenir present la distribució del producte, el seu manteniment o suport sobre possibles errades que apareguin al llarg del temps, i les millores que es vulguin aplicar a la llarga.

4.3 Eines

Les eines de software que s'han fet servir per al desenvolupament del projecte són les següents:

- Android Studio: IDE per al desenvolupament d'aplicacions Android.
- Emulador Android: per emular dispositius mòbils s'ha fet servir l'eina oficial per a Android.
- Java: llenguatge de programació de l'aplicació.

5 Desenvolupament

5.1 Anàlisi i definició de requeriments

Per obtenir un producte final amb els objectius que s'han decidit, els requeriments funcionals que ha de complir l'aplicació son els següents:

- Recollida i tractament de les dades de: acceleròmetre, giroscopi, posició (magnètic) i localització (mitjançant GPS i/o xarxa) mòbil.
- Càlcul i visualització de les palades per minut de l'embarcació.
- Càlcul i visualització del temps d'activitat (cronòmetre).
- Aturada i represa del cronòmetre.
- Selecció del ritme de palada (palades per minut) desitjat.
- Avís acústic del moment exacte de palada per a seguir el ritme seleccionat.
- Interfície intuïtiva, neta i amb ús de colors per a fàcil comprensió dels nombres i botons.

Pel que fa als requeriments tecnològics, el producte ha de complir el següent:

- Disposar d'una interfície senzilla i fàcil d'entendre i fer servir per a qualsevol usuari, ja sigui expert o no en rem i/o tecnologia.
- L'aplicació ha d'estar desenvolupada en Java, mitjançant Android Studio (IDE).
- L'aplicació ha de ser funcional en la majoria d'*smartphones* Android de l'actualitat (característiques tècniques, mida i orientació de la pantalla, versió Android, etc.).

5.2 Disseny del software

L'estructura del software s'ha dissenyat per paquets. Cada paquet incorpora funcionalitats separades de l'aplicació. Es poden trobar tres paquets principalment:

- *Chronometer*: incorpora la lògica del cronòmetre de l'aplicació (càlcul del temps i funcionalitat d'aturar i encendre el cronòmetre).
- *Metronome*: en aquest paquet es troba la lògica del metrònom.
- *Sensors*: aquest paquet disposa de dues classes. La classe *Gps*, on es calcula la localització del dispositiu, distància entre càlculs, anglès de direcció, etc. També es gestionen els permisos per fer ús del GPS. L'altre classe que es troba en aquest paquet

és la classe *Accelerometer*, que s'encarrega de calcular l'acceleració final de l'embarcació i de les palades per minut (mitjançant l'obtenció de dades d'acceleròmetre, giroscopi i sensor magnètic).

Per últim es troba la *Main Activity*, que gestiona gran part de la interfície gràfica.

En la següent figura es pot veure la distribució de classes i paquets que conté el projecte:

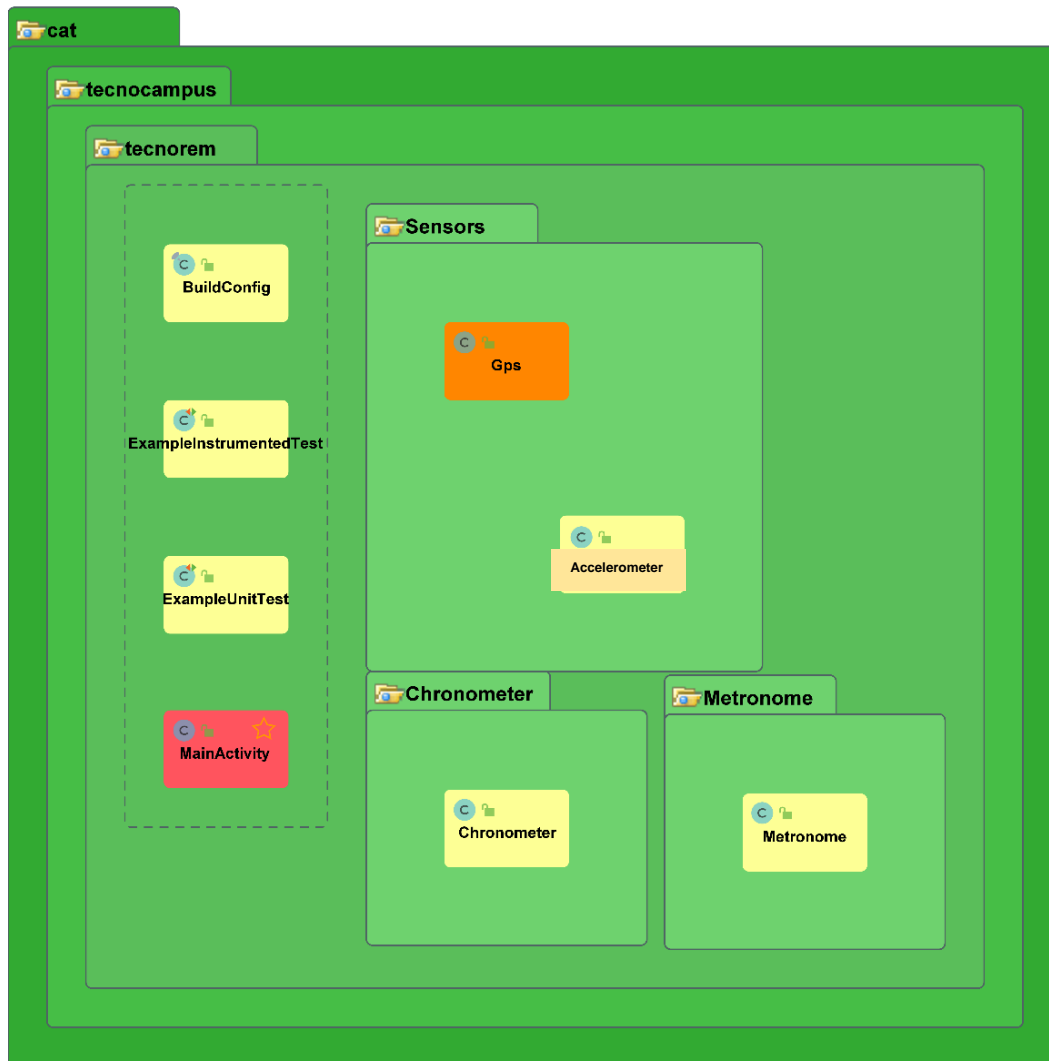


Figura 5.1 Estructura de paquets i classes de l'aplicació. Font: Pròpia

Per veure la interacció bàsica s'ha dissenyat el següent diagrama de seqüència, on es poden veure, de manera general, les accions que succeeixen quan l'usuari prem el botó *START* i el botó *PAUSE*.

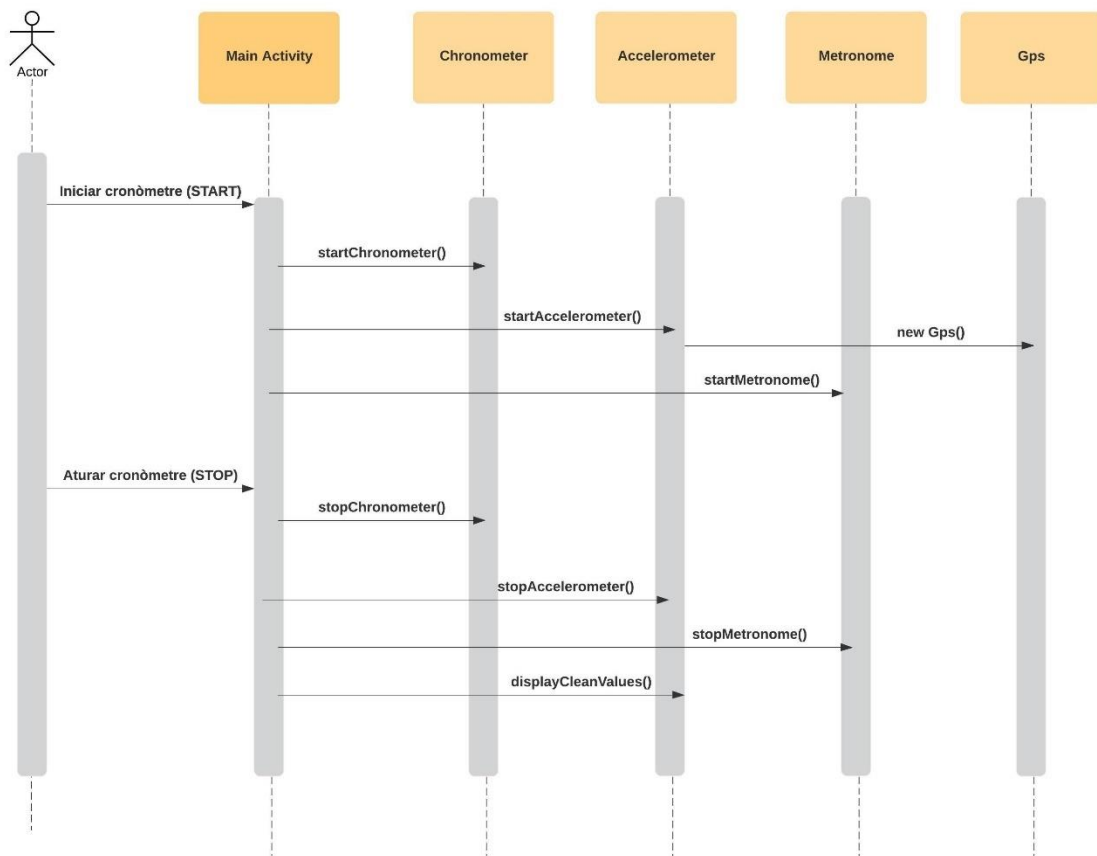


Figura 5.2 Diagrama de seqüència de l'aplicació. Font: pròpia

5.3 Disseny d'interfície

La interfície de l'aplicació consisteix en una única pantalla, que sigui de fàcil lectura i interpretació per a l'usuari, ja que aquest es troba remant.

A la part superior es troba la informació de les palades per minut actuals. Aquest número canvia de color en funció de si es troba per sobre o per sota de les palades per minut seleccionades; vermell si es va més lent del desitjat, verd si es va més ràpid o blau si les palades s'ajusten a les seleccionades.

La pantalla disposa d'un botó central START/STOP, que inicia el cronòmetre, el metrònom i la recollida de dades dels sensors i el seu càlcul. Aquest botó canvia de color segons l'estat en el que es troba. Quan el cronòmetre es troba en marxa, el botó passa a ser de color vermell i a mostrar la paraula "STOP" per a facilitar la seva aturada. Si el cronòmetre es troba aturat, el botó passa a color verd i mostra la paraula "START".

Just a sota d'aquest botó es troba el cronòmetre, que informa del temps actual transcorregut amb precisió de mil·lèsimes.

Per últim, a la part inferior de la pantalla, es troba el nombre de palades per minut desitjat. Al costat hi ha dos botons per augmentar o disminuir aquest nombre, que pot ser d'entre 10 i 60 palades per minut.

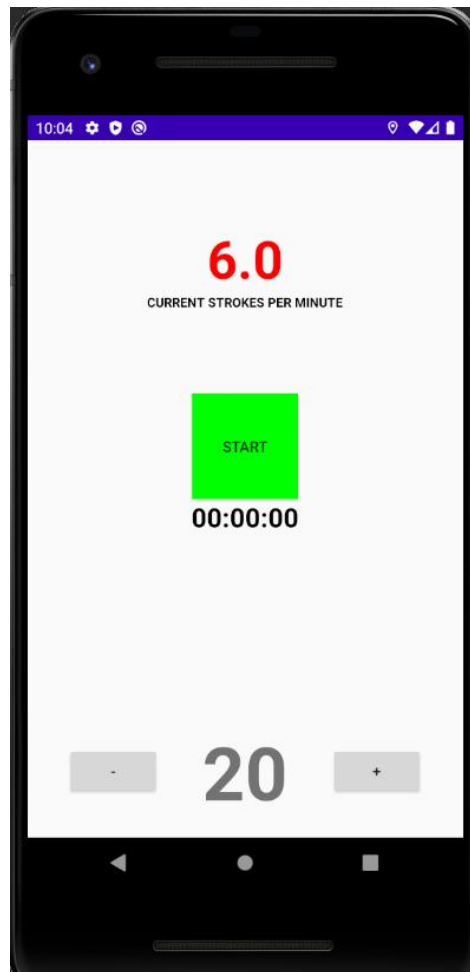


Figura 5.3 Pantalla de l'aplicació. Font: pròpia

5.4 Versió d'API

Les versions d'API d'Android escollides per a desenvolupar una aplicació determinen el nivell de compatibilitat d'una aplicació. Per a aquest projecte s'ha decidit que la versió *target* (objectiu) d'Android sigui Android 10 (10.0 – API 29). Tot i això, per a una major compatibilitat, la versió mínima compatible amb l'aplicació és Android Jelly Bean (4.1 – API 16). Aquesta configuració assegura la compatibilitat amb el 99,8% dels dispositius Android del mercat.

| ANDROID PLATFORM VERSION | API LEVEL | CUMULATIVE DISTRIBUTION |
|--------------------------|-----------|-------------------------|
| 4.0 Ice Cream Sandwich | 15 | |
| 4.1 Jelly Bean | 16 | 99,8% |
| 4.2 Jelly Bean | 17 | 99,2% |
| 4.3 Jelly Bean | 18 | 98,4% |
| 4.4 KitKat | 19 | 98,1% |
| 5.0 Lollipop | 21 | 94,1% |
| 5.1 Lollipop | 22 | 92,3% |
| 6.0 Marshmallow | 23 | 84,9% |
| 7.0 Nougat | 24 | 73,7% |
| 7.1 Nougat | 25 | 66,2% |
| 8.0 Oreo | 26 | 60,8% |
| 8.1 Oreo | 27 | 53,5% |
| 9.0 Pie | 28 | 39,5% |
| 10. Android 10 | 29 | 8,2% |

Figura 5.4 Gràfic de compatibilitats de les API d'Android. Font: Android Studio

5.5 Recollida de dades externa

Amb l'objectiu de poder calibrar posteriorment l'aplicació, la primera etapa del desenvolupament és la recollida de dades. Cal disposar d'un servei que permeti recollir les dades dels sensor que disposa el mòbil, per tal de poder analitzar-les.

Per aquesta part, s'ha fet servir una aplicació de codi obert anomenada Senslogs. Aquesta aplicació permet de manera molt senzilla obtenir dades dels sensors desitjats, i disposa d'una llarga llista de tots ells. Es troba disponible a la botiga d'aplicacions [Play Store](#) o mitjançant el repositori de codi a [Github](#).

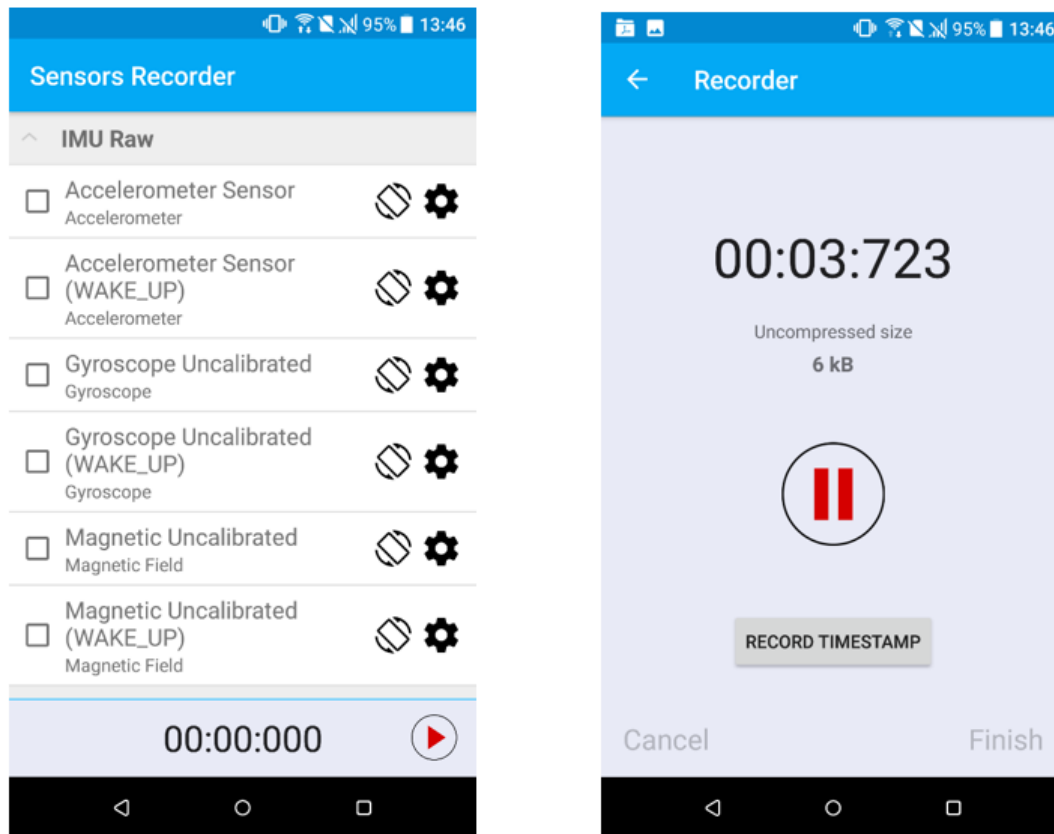


Figura 5.5 Pantalles de l'aplicació Senslogs. Font: pròpia

El seu funcionament és molt simple, només cal seleccionar de quins sensors es volen obtenir dades (acceleròmetre, giroscopi, GPS, etc.) i es prem el botó “play”. En aquest moment s’inicia un cronòmetre i es comencen a registrar les dades que s’han indicat. El registre es pot aturar, reprendre o finalitzar en qualsevol moment. Durant el registre, si es desitja, es poden realitzar marques de temps (*timestamps*) que quedaran també registrats. Aquests *timestamps* són molt útils per marcar manualment el moment exacte de la palada, facilitant la feina d’anàlisi posterior. Un cop s’atura el registre i es finalitza, el sistema demana un nom pel registre i l’emmagatzema a l’aplicació.

Des de l’apartat “Sensors Logs” es poden veure els registres que s’han realitzat i, seleccionant el que es desitja, es pot exportar, ja sigui compartint o copiant a la memòria interna o externa del mòbil. Un cop exportat, es pot consultar l’arxiu amb les mesures registrades (es genera un fitxer de text per cada sensor que s’ha seleccionat per registrar, i també un pels *timestamps*).

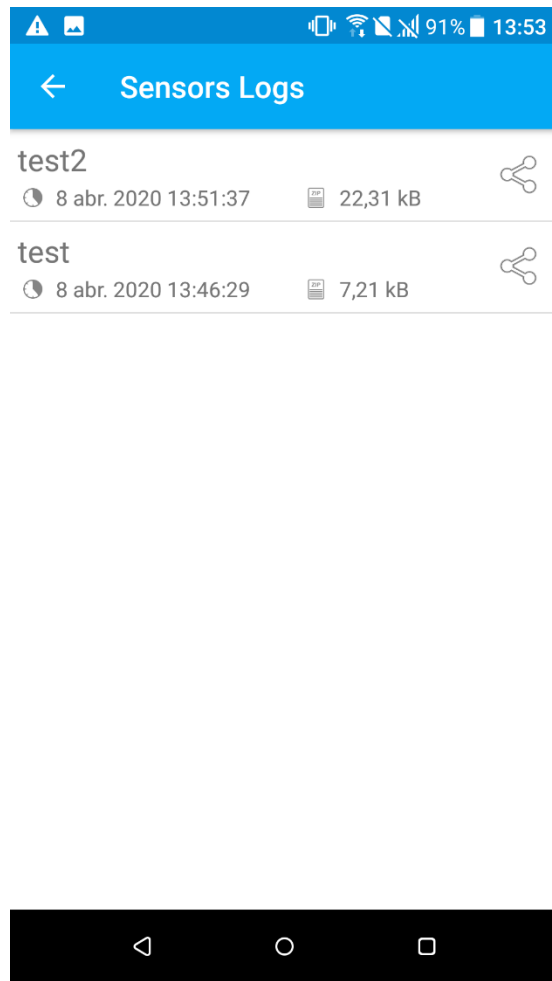
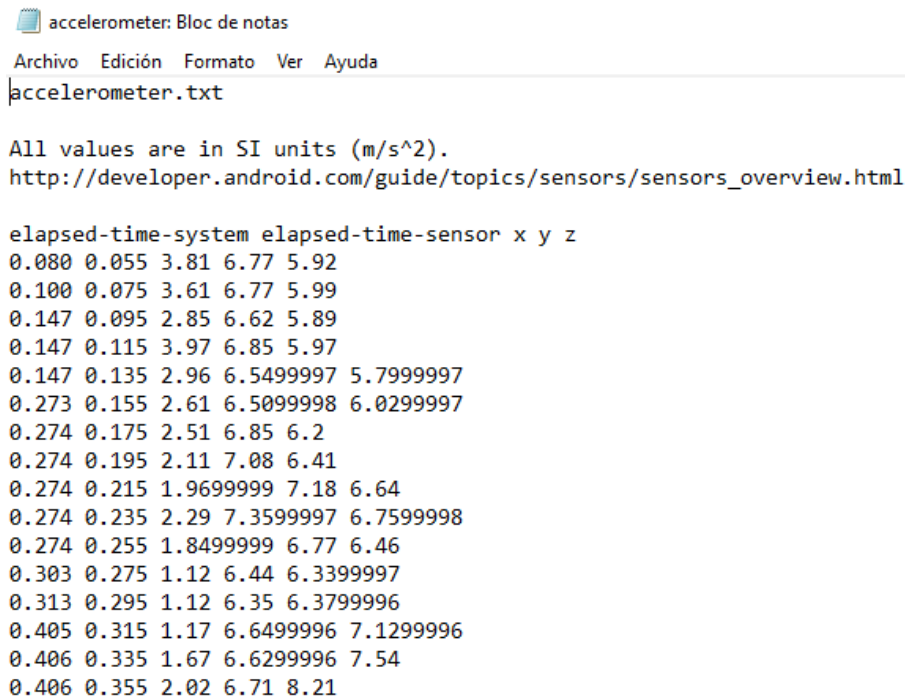


Figura 5.6 Pantalla de registres de l'aplicació Senslogs. Font: pròpia



```

accelerometer: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
accelerometer.txt

All values are in SI units (m/s^2).
http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html

elapsed-time-system elapsed-time-sensor x y z
0.080 0.055 3.81 6.77 5.92
0.100 0.075 3.61 6.77 5.99
0.147 0.095 2.85 6.62 5.89
0.147 0.115 3.97 6.85 5.97
0.147 0.135 2.96 6.5499997 5.7999997
0.273 0.155 2.61 6.5099998 6.0299997
0.274 0.175 2.51 6.85 6.2
0.274 0.195 2.11 7.08 6.41
0.274 0.215 1.9699999 7.18 6.64
0.274 0.235 2.29 7.3599997 6.7599998
0.274 0.255 1.8499999 6.77 6.46
0.303 0.275 1.12 6.44 6.3399997
0.313 0.295 1.12 6.35 6.3799996
0.405 0.315 1.17 6.6499996 7.1299996
0.406 0.335 1.67 6.6299996 7.54
0.406 0.355 2.02 6.71 8.21

```

Figura 5.7 Fitxer de text de l'acceleròmetre resultant de la captura de dades amb Senslogs. Font: pròpia

Per a aquesta recollida de dades s'ha elaborat un manual del funcionament i configuració de l'aplicació *Senslogs* (s'adjunta als annexes) per a què els voluntaris puguin recollir dades i fer-les arribar amb l'objectiu de calibrar correctament l'aplicació final amb dades reals.

5.6 Recollida i càlcul de les dades en l'aplicació

El funcionament de l'aplicació és relativament senzill. Un cop el cronòmetre s'inicia (i per tant ho fan també el metrònom i els sensors), l'aplicació comença a capturar les dades dels sensors i a fer els càlculs per a obtenir la informació final, les palades per minut.

Cada cop que s'actualitzen les dades d'algun dels sensors (cada un segon en el cas del GPS i cada 12ms en el cas de l'acceleròmetre, giroscopi i magnètic), l'aplicació actualitza els valors dels sensors i es tornen a calcular les palades per minut. Per tenir dades estables es fa una mitjana mòbil amb els últims 10 valors recollits.

Un dels problemes esdevé quan es vol calcular les acceleracions de cada component en l'eix de la terra. Els sensors del mòbil utilitzen com a referència les coordenades en relació al dispositiu.

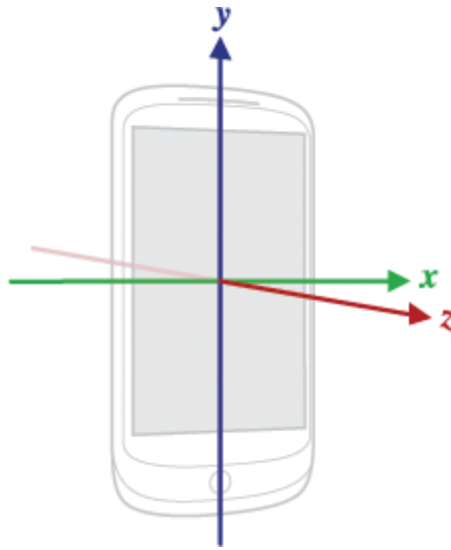


Figura 5.8 Eixos de coordenades del telèfon mòbil. Font: Android Developers

Es necessita, per tant, l'ajuda dels sensors magnètic i giroscopi per tal de traslladar aquestes coordenades a l'eix de coordenades de la terra. D'aquesta manera és indiferent com es trobi orientat el mòbil (pla, de costat, cap a baix, etc.), que sempre s'obté l'acceleració en relació a les coordenades globals.

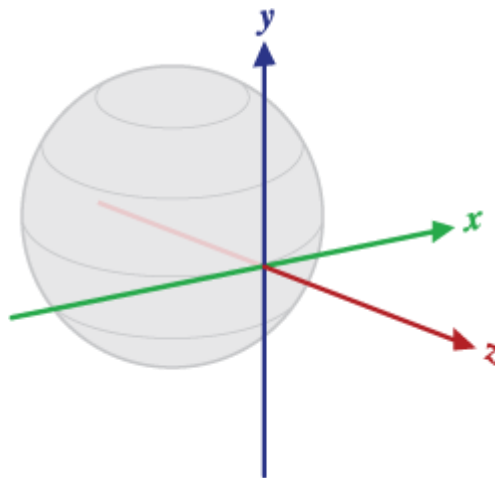


Figura 5.9 Eixos de coordenades globals. Font: Android Developers

Un altre factor que cal tenir en compte és el de la velocitat. El GPS només permet obtenir la velocitat absoluta, per tant cal descompondre-la en els eixos X, Y i Z per eliminar possibles cops de mar.

Per tal de calcular la velocitat en cada component primer cal calcular la distància entre els dos punts de mesura i l'angle (respecte l'equador) de la direcció (*bearing*) [10]. Això permet saber la distància recorreguda en cada component.

Tot i trobar-se al nivell del mar, on la distància en l'eix z hauria de ser 0, és possible que els sensors detectin una mica de moviment en aquest eix a causa de les onades, que poden fer pujar i baixar l'embarcació lleugerament. Per obtenir mesures més fiables, s'elimina aquest factor determinant l'increment de distància en l'eix z com a 0 metres. D'aquesta manera la velocitat en l'eix z serà sempre 0 m/s.

Un cop es tenen les distàncies recorregudes entre dos punts en cada eix, es pot determinar la velocitat en cada eix.

Amb la velocitat a cada eix ja és possible obtenir l'acceleració provinent de les remades. Gràcies a aquesta dada i al càlcul d'una mitjana mòbil dels últims valors obtinguts acabem calculant les palades per minut.

5.7 Producte final

L'aplicació final rep el nom de TecnoRem i la seva icona és la següent:



Figura 5.10 Logotip de l'aplicació TecnoRem. Font: pròpia

El codi i l'instal·lable (apk) actualitzats de l'aplicació es troben disponibles com a codi lliure al següent repositori de Github.

Enllaç: <https://github.com/dfernandezl/TecnoRem>

El fitxer instal·lable es troba disponible a l'apartat *Releases*.

Enllaç: <https://github.com/dfernandezl/TecnoRem/releases>

6 Conclusions

6.1 Anàlisi de resultats

No s'ha pogut comprovar la validesa i fiabilitat dels resultats obtingut a causa de no haver pogut provar l'aplicació en entorns i situacions reals. El tancament dels clubs de rem per l'estat d'alarma no ha permès contactar amb cap voluntari que pugés provar l'aplicació en un entrenament.

S'intentarà, a posteriori, calibrar l'aplicació amb les dades obtingudes per voluntaris i provar-la en activitats.

6.2 Conclusions

L'objectiu d'aquest projecte ha estat el desenvolupament total d'una aplicació per a dispositius Android que calculi diferents paràmetres de les activitats de rem. Tot i no haver pogut obtenir els resultats desitjats degut, principalment, a l'aturada forçada de les activitats per l'estat d'alarma, es poden arribar a les següents conclusions:

- Cal una planificació i programació del projecte que contempli alternatives a possibles casos com els que s'han viscut aquests últims mesos.
- Cal tenir un bon coneixement en matèria de física per a tenir en compte moltes variables envers velocitats i acceleracions que no són evidents.
- A l'hora de programar una aplicació mòbil on el temps és un factor a tenir molt en compte, és molt important tenir en compte diversos aspecte referents als fils d'execució del programa.
- És de vital importància un bon disseny i arquitectura del codi de l'aplicació per facilitar el manteniment del codi i la seva evolució. Tanmateix, un projecte com aquest també requereix una bona planificació i disseny de tasques.

6.3 Possibles ampliacions

Com la majoria de projectes de software, aquest és un projecte millorable i ampliable al llarg del temps. A part del manteniment del software per a evitar possibles errors que apareguin amb el pas del temps degut a, per exemple, actualitzacions del sistema operatiu Android

(podria causar incompatibilitats amb certes parts del codi), existeixen també possibles projectes d'ampliació i millora per a aquest producte.

6.3.1 Machine Learning

Un dels objectius inicials era el d'aplicar el Machine Learning al càlculs obtinguts per a obtenir paràmetres com l'eficiència de remada o un metrònom adaptatiu segons el ritme actual i desitjat.

6.3.2 Traduccions

L'aplicació mostra poc text, però aquest es troba en anglès ja que es tracta de l'idioma més internacional, sobretot en l'àmbit tecnològic. Una de les ampliacions seria adaptar l'aplicació a diferents idiomes, i que l'usuari pugui escollir el que desitja.

6.3.3 Monitorització d'altres dades

Tot i recollir diferents dades dels sensors per a obtenir les palades per minut, l'aplicació només mostra aquest últim registre. Una possible ampliació seria recollir i mostrar altres dades que puguin ser d'interès per als esportistes, com pot ser la velocitat, direcció, distància recorreguda, etc.

6.3.4 Registre de dades

Aquest projecte en cap moment emmagatzema les dades que es recullen pels sensors, sinó que simplement en fa la monitorització actual dels sensors i aquest va variant al llarg del temps de l'activitat, de manera que totes les dades anteriors es van descartant. L'usuari, un cop finalitza l'activitat, no pot veure les seves estadístiques ni emmagatzemar-les. Una ampliació pot ser donar aquest possibilitat, que l'usuari pugui veure com ha estat la seva activitat i pugui mantenir un registre de totes les activitats que es van realitzant. Es podrien emmagatzemar en la memòria del telèfon o a una base de dades en remot.

6.4 Aplicació multi plataforma

El desenvolupament de l'aplicació ha estat centrat per a dispositius Android. Actualment existeixen un gran nombre de dispositius amb aquest sistema operatiu, però té un gran competidor, iOS. Una possible ampliació és la de realitzar una versió per a aquest sistema

operatiu, i per tant arribar així a una quota de mercat gairebé del 100%. Aquest desenvolupament es podria dur a terme ja sigui amb una versió nativa per a iOS (desenvolupada amb el llenguatge propi d'Apple: Swift) o creant una versió multi plataforma híbrida.

7 Bibliografía

- [1] «Remo (deporte) - Wikipedia, la enciclopedia libre». [https://es.wikipedia.org/wiki/Remo_\(deporte\)#Lla%C3%BCt](https://es.wikipedia.org/wiki/Remo_(deporte)#Lla%C3%BCt) (accedido feb. 14, 2020).
- [2] «Modalidades - Federemo». <http://federemo.org/modalidades/> (accedido feb. 14, 2020).
- [3] «Federación Internacional de Sociedades de Remo», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. ago. 13, 2019, Accedido: jul. 02, 2020. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Federaci%C3%B3n_Internacional_de_Sociedades_de_Remo&oldid=118213156.
- [4] «Understanding Force Curves and Boat Acceleration», *Rowing in Motion*, feb. 28, 2015. <https://www.rowinginmotion.com/understanding-force-curves-and-boat-acceleration/> (accedido jun. 30, 2020).
- [5] «Optimize Your Rowing Stroke with Rowing in Motion», *Rowing in Motion*, feb. 28, 2014. <https://www.rowinginmotion.com/optimize-your-rowing-stroke-with-rowing-in-motion/> (accedido jun. 30, 2020).
- [6] «Service», *Concept2*. <https://www.concept2.com/service/monitors/pm3/how-to-use/understanding-stroke-rate> (accedido jun. 29, 2020).
- [7] «RESUMEN-LICENCIAS-2018.pdf». Accedido: feb. 06, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://federemo.org/wp-content/uploads/2019/04/RESUMEN-LICENCIAS-2018.pdf>.
- [8] «Idescat. Anuario estadístico de Cataluña. Federaciones deportivas. Clubes y licencias». <https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=808&lang=es> (accedido feb. 06, 2020).
- [9] «Desarrollo en cascada», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. abr. 22, 2020, Accedido: abr. 24, 2020. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Desarrollo_en_cascada&oldid=125397549.
- [10] «Calculate distance and bearing between two Latitude/Longitude points using haversine formula in JavaScript». <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html> (accedido jul. 01, 2020).