30 de Gener de 2017

Les MATEMÀTIQUES APLICADES a les NOVES TECNOLOGIES

Creació d'una aplicació de Trigonometria

AUTOR: IBN YUNUS

L'essència de les matemàtiques no és fer les coses simples complicades, sinó que fer les coses complicades simples.- S. GUDDER

Índex

1. Introducció

Sempre he sigut molt curiós. El món en què vivim és fascinant i sóc completament incapaç de viure sense preguntar-me el perquè del que m'envolta. Conseqüentment, gran part del meu interès per les noves tecnologies radica en la ingent quantitat d'informació que ofereixen i en els avantatges que brinden a la comunitat científica. En les últimes dècades tot el relacionat amb l'àmbit dels ordinadors i les noves tecnologies ha avançat amb una rapidesa inaudita i, com a conseqüència, multitud d'investigacions científiques han aconseguit els seus objectius més ràpid que mai. És per això que aquest treball de recerca pretén reflectir l'impacte de les noves tecnologies en les matemàtiques, centrant-me en el camp de la trigonometria. El treball de recerca consta de dues parts, una de teòrica i una de pràctica.

Els objectius de la part teòrica del treball de recerca són els següents:

- Estudiar l'evolució de la trigonometria al llarg de la història.
- Identificar els matemàtics més importants en aquest camp i els seus descobriments, així com la influència d'aquests en l'actualitat.
- Enumerar les aplicacions de la trigonometria tant en l'actualitat com en el passat.
- Fer una breu explicació dels orígens d'App Inventor.

Els objectius de la part pràctica del treball de recerca són els següents

- Desenvolupar una aplicació per a dispositius mòbils capaç de resoldre problemes trigonomètrics.
- Detallar el procés que s'ha seguit en la creació de l'aplicació.
- Realitzar una enquesta amb l'objectiu de conèixer la satisfacció dels usuaris amb l'aplicació.
- Realitzar una segona versió en funció dels resultats de l'enquesta.

En el desenvolupament d'aquest treball anticipo que poden sorgir certes dificultats. En primer lloc, fer front a les limitacions d'App Inventor com a eina per crear aplicacions. En segon lloc, disposar d'un conjunt d'enquestats considerable i extreure'n una crítica constructiva que em permeti millorar l'aplicació.

2. Part Teòrica

2.1. Història de la Trigonometria

2.1.1. Evolució històrica

La trigonometria ha estat sempre una part de les matemàtiques estretament relacionada amb la geometria que ha fixat el seu interès en els càlculs astronòmics i en el mesuraments de grans distàncies. Els orígens de la trigonometria es remunten al segle II aC, tanmateix el terme en si mateix fou proposat per un matemàtic polonès anomenat Bartolomeu Pitiscus en la seva obra del mateix nom publicada al segle XVI.

Imatge 1: Trigonometria de Bartolomeu Pitiscus

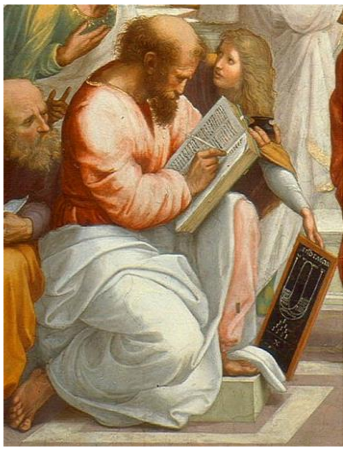
Els egipcis i els babilonis van ser els primers a aplicar la trigonometria a la navegació, l'arquitectura, l'astronomia i l'agricultura. Tot i ser uns càlculs realment rudimentaris van significar els primers passos en l'estudi dels triangles i les seves propietats. D'aquest període només es conserva un document on aparegui un problema de trigonometria, aquest és l'anomenat papir d'*Ahmes*. Aquest papir de vegades també va relacionat amb el nom de *Rhind*, ja que després de trobar-se en unes ruïnes properes al *Ramesseum*[1] va ser comprat per l'egiptòleg anglès Alexander Henry Rhind. El papir, d'uns sis metres de longitud, va ser redactat per l'escriba *Ahmes* en el segle XVI aC, tanmateix en el propi text s'explica que la informació allí present s'havia extret de textos amb tres-cents anys d'antiguitat. Es tracta d'un seguit d'exercicis matemàtics on, concretament en el número 56, apareix un problema de trigonometria relacionat amb la construcció de les piràmides. Aquest explica com calcular el pendent d'una cara i, per tant, com assegurar que totes les cares tinguin la mateixa inclinació.

[1] Temple funerari erigit al segle XIII aC sota les ordres del faraó Ramsès II situat en la necròpolis de Tebes (l'actual ciutat de Luxor, Egipte).

L'inici de la trigonometria tal com la coneixem va estretament lligat amb l'astronomia. L'enorme curiositat que despertaven els astres en els pensadors Grecs va significar un gran avenç en aquest camp, sobretot pel que fa a l'estudi dels angles (hi havia un èmfasi en determinar el moviment dels astres). Els astrònoms més importants d'aquesta època van ser Pitàgores, Aristarc de Samos, Hiparc de Nicea, Menelao d'Alexandria i Ptolomeu.

Imatge 2: Papir d'Ahmes

Pitàgores[2] és amplament conegut pel seu famós teorema que relaciona els costats d'un triangle rectangle (el quadrat del costat més llarg anomenat hipotenusa és igual a la suma dels quadrats dels dos costats restants anomenats catets). Tot i que aquest teorema ja s'havia utilitzat en la pràctica, Pitàgores fou el primer a demostrar-lo. Va ser un gran defensor del coneixement i, sobretot, de les matemàtiques com a base de la seva filosofia.



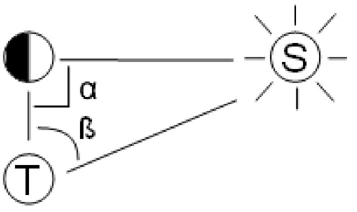
Imatge 3: Pitàgores utilitzant una taula de raons trigonomètriques

Aristarc de Samos[3] va ser un astrònom revolucionari en la seva època i, com és habitual, per aquesta raó va ser criticat i ignorat per altres pensadors de l'antiga Grècia. En l'actualitat no tenim cap document elaborat per ell. Això

[2] Filòsof i matemàtic que va néixer a la illa de Samos (actual Grècia) el 572 aC i va morir a Mataponto (actual Itàlia) el 497 aC.
[3] Astrònom natural de Samos que va néixer el 310 aC i va morir el 230 aC.

no obstant, irònicament les seves idees han suportat el pas del temps a través de les crítiques realitzades per altres matemàtics i astrònoms. Ell va aconseguir, mitjançant càlculs trigonomètrics, calcular de manera molt rudimentària la grandària del sol respecte la lluna i la distància de la Terra al Sol respecte la distància de la Terra a la Lluna. Per tal d'aconseguir-ho va mesurar l'angle que forma la Lluna i el Sol en relació a la Terra quan la Lluna es trobava en quart (sigui minvant o creixent). Això ho va fer considerant que quan la part il·luminada i la part fosca de la Lluna estan separades per una línia recta ambdues formen un angle de 90º amb el Sol. Tot i que el plantejament estava ben realitzat l'angle resultant era incorrecte. Igualment, aquesta errada només va afectar en les proporcions dels resultats i les conclusions a les quals va arribar Aristarc eren correctes. D'aquesta manera va determinar que el Sol estava unes 20 vegades més lluny que la Lluna i que, per tant, aquest era unes 20 vegades més gran (com ja he esmentat, el nombre resultant és molt més petit que el real, ja que la distància de la Terra al Sol és quatre-cents cops la distància de la Terra a la Lluna). Més tard va confirmar les seves suposicions calculant el temps que trigava la lluna a ser tapada per la Terra durant un eclipsi lunar i el temps durant el qual estava completament tapada. Gràcies a aquests càlculs va poder arribar a la conclusió que la Terra era el doble de gran que la Lluna cosa que va utilitzar per determinar la distància que recorria al voltant de la Terra i, utilitzant la fórmula de la longitud d'una circumferència ($2 \cdot \pi \cdot r$), va

Imatge 4: Estàtua d'Aristarc de Samos a Dinamarca



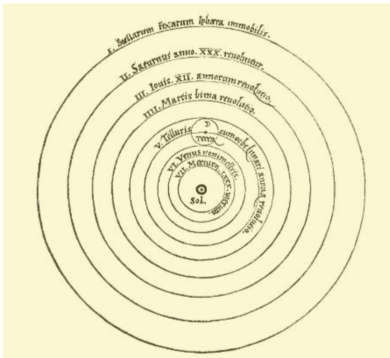
Imatge 5: Representació gràfica dels angles entre Terra Sol i Lluna.

Imatge 6: Eclipsi de Lluna

aconseguir la distància aproximada de la Terra a la Lluna i de la Terra al Sol mesurada en diàmetres lunars. En definitiva, la concepció del Sol com un astre molt més gran que la Terra i la Lluna i el fet que aquesta última era molt més petita que la Terra va ocasionar que Aristarc defensés un model heliocèntric en què la Terra girava al voltant del Sol. En aquell moment ningú no hauria cregut que uns 2000 anys més tard un astrònom del segle XV-XVI anomenat Nicolau Copèrnic recuperés aquest model derrocant definitivament el model geocèntric que s'havia defensat fins aquell moment.

Imatge 7: Representació d'Hiparc de Nicea

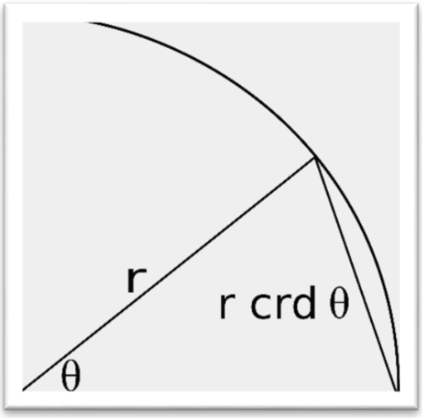
Hiparc de Nicea[4] és la figura més important pel que fa a la trigonometria i l'astronomia en l'antiga Grècia. No obstant això el pas del temps en moltes ocasions deforma el passat i, conseqüentment, resulta realment difícil estudiar una època de la qual disposem escassa informació. Tal com diu O. Neugebauer en un dels seus assajos: *"Tanmateix potser no és inservible destacar el poc que realment sabem sobre l'astronomia d'Hiparc en comparació amb els seus predecessors i seguidors"*[5] Molts historiadors es refereixen a Hiparc com l'inventor de la trigonometria i, en part, és innegable la seva gran aportació en aquest camp. L'únic que coneixem amb certesa és que els primers documents que es conserven on es pot observar un ús sistemàtic de la trigonometria li fan referència, és a dir,



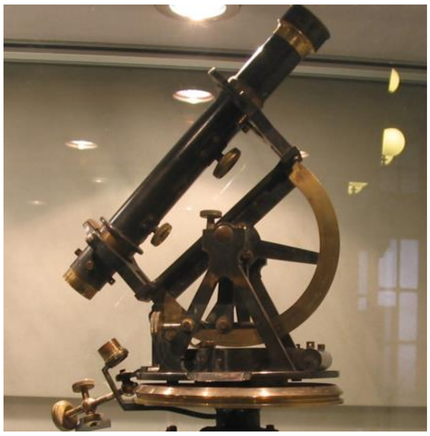
Imatge 8: El model heliocèntric del sistema solar elaborat per Copèrnic

4 Astrònom y geògraf grec que va viure al voltant del 127 aC.
5 *Astronomy and History Selected Essays*, pàgina 292 (*Notes on Hipparchus*).

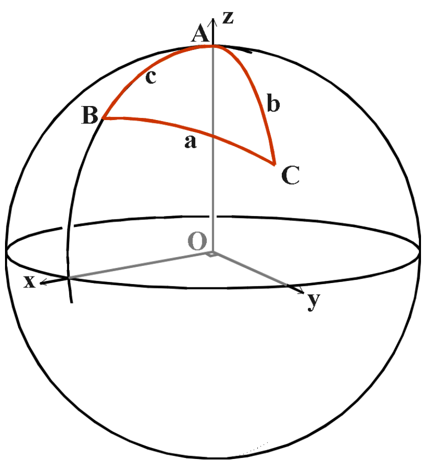
només coneixem part del seu treball gràcies a diferents matemàtics posteriors. Ell, de la mateixa manera que altres astrònoms de l'antiga Grècia, utilitzava una unitat de mesura anomenada corda. Aquesta sorgeix de la concepció d'un triangle (un costat del qual coincidia amb el radi) en una circumferència de manera que la corda era el costat amb dos vèrtex situats en aquesta . Gràcies a les aportacions d'altres pensadors se sap que Hiparc va escriure diferents llibres on explicava els seus estudis sobre les cordes i que es pensa que contenien taules amb raons trigonomètriques. Aquestes dades juntament amb altres fórmules trigonomètriques eren completament necessàries a fi d'estudiar el moviment de les constel·lacions conegudes com els 12 signes del zodíac. Hiparc va ser el primer que va calcular els temps de sortida d'aquestes constel·lacions cosa que cap altre astrònom de l'època va arribar a mesurar. També va aconseguir determinar el període de l'any solar (365 dies i 6 hores) i un dels seus contemporanis, Ptolomeu, li va atribuir la invenció del teodolit[6].



Imatge 9: Corda en un triangle dins d'una circumferència



Imatge 10: Teodolit



Imatge 11: Triangle segons la trigonometria esfèrica

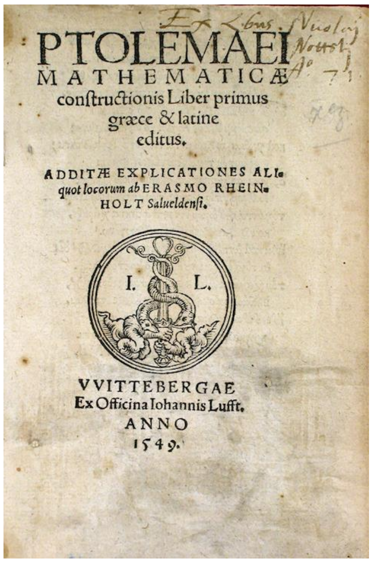
Menelao d'Alexandria[7] és conegut principalment per la seva aportació a la

[6] Estri utilitzat per a mesurar angles.

[7] Astrònom grec la data de naixement i mort del qual són incertes, tot i que es creu que va néixer al voltant del 70 aC.

trigonometria esfèrica. De manera similar a Hiparc, la gran majoria de la seva obra ha estat devorada pel temps i només resta una col·lecció de tres llibres anomenada *Sphaerica*. En aquests proposà la primera definició d'un triangle esfèric, és a dir, aquell que es forma sobre una esfera. Aquest interès en les propietats dels triangles esfèrics prové de la necessitat de calcular grans distàncies, com esdevé el cas quan es tracta de càlculs astronòmics. D'aquesta manera, Menelao és el primer astrònom documentat que estudia les característiques d'aquesta part de la trigonometria.

Finalment, l'últim astrònom i matemàtic grec que es tractarà en aquest treball per la seva rellevància és Ptolomeu[8]. La seva aportació a la trigonometria es caracteritza per haver reunit en el seu llibre *Almagest* totes les fórmules, propietats i teories conegudes en aquell moment. Va ser gràcies a aquest llibre que coneixem de manera indirecta molts dels descobriments que va realitzar Hiparc. Nogensmenys, el caràcter enciclopèdic d'aquesta obra planteja una important qüestió: on acaba la recopilació i on comença les proposicions originals de Ptolomeu? Existeixen diferents punts de vista al respecte, alguns historiadors creuen que el llibre en el seu conjunt presenta poques aportacions per part de Ptolomeu mentre que, altres, defensen l'originalitat dels seus continguts que van significar la síntesi i el perfeccionament de segles d'estudi.

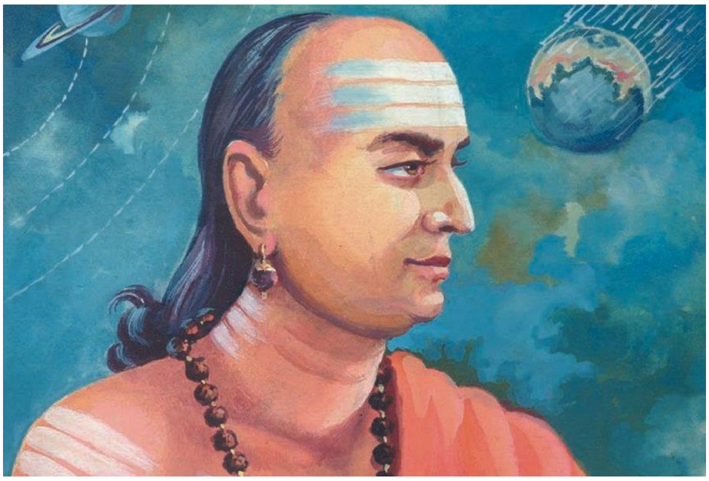


Imatge 12: L'Almagest de Ptolomeu

Els astrònoms indis, paral·lelament amb els grecs, també van ser dels primers en estudiar en profunditat i de manera sistemàtica les propietats dels triangles aplicades a l'astronomia. Contràriament a les mesures basades en cordes dels grecs, els indis utilitzaven el sinus. Aquest constituïa la longitud del costat oposat a un angle en un triangle rectangle i, per tant, és diferent del sinus que s'utilitza actualment. El principal responsable dels avenços en trigonometria

8 Astrònom, matemàtic i geògraf grec que, a pesar de que es desconeixen dates exactes, va viure aproximadament en la primera meitat del segle II dC.

en l'Índia va ser Aryabhata[9], el llibre més important del qual s'anomena Aryabhatiya i tracta, entre altres temes matemàtics, tant la trigonometria plana com l'esfèrica. Va ser degut a l'obra d'Aryabhata que un altre matemàtic indi anomenat Varahamihira començà a utilitzar una de les fórmules més importants i rellevants en la història de la trigonometria: $sen^2(x)+cos^2(x)=1$



Imatge 12: Representació d'Aryabhata

A continuació trobem els matemàtics àrabs. Aquests, prenent com a base tots els coneixements provinents dels astrònoms grecs i indis, no només van ampliar i perfeccionar l'estudi dels triangles en el paper sinó que també van aplicar els seus càlculs d'una manera molt més precisa en la navegació i l'astronomia. A més a més de determinar amb exactitud les principals raons trigonomètriques i les seves derivades (sinus, cosinus, tangent, secant, cosecant i cotangent) també se'ls atribueix el descobriment del teorema del cosinus i mètodes avançats de triangulació. Entre finals del segle VIII i principis del segle XI apareixen matemàtics com Al-Kwarizmi (desenvolupa unes taules exactes de raons trigonomètriques), Al-Battani (va establir per primer cop la relació entre tangent, sinus i cosinus, $tan(x)=sin(x)/cos(x)$, i la relació entre secant i tangent, $sec^2(x)=1+tan^2(x)$), Al-Jayyani (autor d'un tractat anomenat "Llibre dels arcs esfèrics desconeguts" que aprofundia en la trigonometria esfèrica) o Ibn Yunus. Aquest últim fou un astrònom musulmà que elaborà un llibre amb taules indicant nombroses mesures i prediccions astronòmiques amb una gran precisió que, sorprenentment, s'havien aconseguit amb la utilització de molt pocs instruments. Anys més tard el

[9] Matemàtic i astrònom indi que va viure al voltant de l'any 500 dC.

matemàtic i astrònom francès Jean Baptiste Joseph Delambre descobrí que un dels mètodes realitzats per Ibn Yunus era equivalent a l'expressió: $2\cos(a)\cos(b)=\cos(a+b) + \cos(a-b)$. Resulta veritablement impressionant que un astrònom del segle XI del qual només es conserva una petita part de la seva obra fos capaç de raonar una de les fórmules més influents en la comunitat matemàtica proposada pel matemàtic alemany Johannes Werner cinc segles més tard. El cas és que aquesta fórmula va ser la principal responsable de la invenció de l'algoritme anomenat prostafèresis i, més endavant, els logaritmes. Ambdues aportacions van tenir un paper enorme en la simplificació dels càlculs matemàtics i, per tant, van permetre facilitar i accelerar aquests processos. Tot i que tenint en l'actualitat calculadores pot semblar un avenç poc rellevant, en aquell moment la resolució de certs càlculs complexos podia allargar-se durant mesos i, conseqüentment, aquestes noves eines matemàtiques van ser increïblement útils en aquest sentit.

Finalment, cal comentar l'aflorament de la trigonometria de caràcter analític a partir del segle XVII oposada a la visió més geomètrica que se li havia donat fins llavors. Uns dels principals responsables d'aquest canvi van ser els matemàtics francesos Fermat i Descartes com a conseqüència dels seus estudis sobre geometria analítica i, sobretot, François Viète. Com ja s'ha esmentat, la trigonometria i les matemàtiques en general es veien des d'un punt de vista geomètric fins que Viète va proposar la utilització de l'àlgebra per a resoldre problemes de geometria. Aquest fet, evidentment, va tenir un gran impacte en el camp de la trigonometria. Tunel construït a l'illa grega

2.1.2. Aplicacions

Les principals aplicacions de la trigonometria al llarg de la historia, com s'ha comentat en l'apartat anterior, sovint estan relacionades amb l'astronomia. Nogensmenys, també trobem situacions relacionades amb l'arquitectura, la navegació, la cartografia i la mesura de distàncies que han aplicat els estudis trigonomètrics en la seva forma més pràctica. Un bon exemple d'això és el túnel de Samos, el qual també és anomenat túnel d'Eupalinos en honor a l'arquitecte responsable de la seva construcció. Aquest túnel va ser descobert el 1882 en l'illa grega de Samos i es calcula que té una antiguitat d'uns 3500

Imatge 12: Túnel de Samos

anys. Considerant els pocs mitjans i coneixements dels quals es disposaven en aquella època aquesta construcció constitueix tota una proesa tècnica. En principi pot semblar que un túnel no és cap obra especialment interessant, tanmateix el més curiós d'aquest són els càlculs que es van necessitar per a construir-lo. Molts túnels en l'antiguitat es feien perforant un obstacle sense determinar amb exactitud el punt de sortida. En canvi, el túnel de Samos es va realitzar amb l'objectiu d'arribar a un punt concret i, per tant, es van utilitzar càlculs trigonomètrics gràcies als quals es va obtenir un resultat impressionantment precís. Això va ser possible realitzant un seguit de línies perpendiculars entre elles amb origen al punt de sortida del túnel. D'aquesta manera es van trobar els tres vèrtexs d'un triangle rectangle la hipotenusa del qual era la recta per on passaria el túnel. Finalment només quedava descobrir la direcció en la qual s'hauria d'excavar fent dos triangles equivalents en els extrems d'aquesta recta. Tot aquest procediment va permetre que el túnel s'excavés simultàniament des dels dos extrems de manera que coincidissin amb precisió en el mateix punt central.

Una de les aplicacions històriques de la trigonometria més sorprenents i presents en el nostre dia a dia és, sens dubte, el mesurament del meridià terrestre i la conseqüent creació del metre a partir dels resultats obtinguts. Aquest fet s'originà amb la necessitat d'establir una unitat de mesura comuna per tal de simplificar les relacions entre països pel que fa a assumptes científics. Amb aquest propòsit (i després d'acordar que aquesta unitat de mesura havia de provenir de la naturalesa) el rei francès Lluís XVI va encarregar als topògrafs Pierre François André Méchain i Jean Baptiste Joseph Delambre la tasca de mesurar la longitud del meridià terrestre. De fet, no era possible mesurar totalment un quart del meridià i es va decidir calcular un determinat arc a partir del qual es trobaria la longitud total. L'arc que es va escollir és aquell que creua les ciutats de Dunkerque i Barcelona. Tenint en consideració les eines de càlcul disponibles en aquella època aconseguir aquest objectiu va resultar un esforç titànic que es va prolongar durant més de sis mesos. El més interessant i rellevant en l'àmbit d'aquest treball és la manera en què es va aconseguir aquesta fita: mitjançant la utilització de la trigonometria i, concretament, un sistema de triangulació. Aquest sistema, anomenat triangulació geodèsica, consisteix a calcular una distància mitjançant una cadena de triangles el vèrtex superiors dels quals estan situats en els pics més alts de les muntanyes o de les elevacions de terreny presents en la zona que es vol mesurar. Finalment, es va establir el metre com la deumilionèsima part del meridià terrestre.

Actualment la presència de la trigonometria en les noves tecnologies es limita principalment a sistemes GPS (*Global Positioning System*), també anomenats d'ubicació per satèl·lit. Aquest tipus de funcions tan presents en els nostres dispositius mòbils (com a mostra *Google Maps*) utilitzen un mètode que consisteix a determinar la distància entre nosaltres i un satèl·lit a partir del temps que triga una ona generada pel nostre telèfon en arribar-hi i tornar. Un cop obtingudes les dades necessàries es resol un problema de triangulació que permet localitzar la nostra ubicació i comparar-la amb altres punts en qualsevol lloc del món.

Imatge 13: Meridià Terrestre

2.2. App Inventor

App Inventor va néixer com un projecte de Google que pretenia obrir el món de la programació a tothom i, més concretament, tenia la intenció de funcionar com una eina d'aprenentatge per a estudiants. Aquest projecte, seguint el camí d'altres eines com Scratch, presenta un disseny molt intuïtiu basat en la utilització de blocs i abundants elements visuals que permeten la creació d'aplicació per a sistemes operatius Android. Com a conseqüència d'això, s'allunya de la programació basada en text permetent una experiència molt més visual i ràpida d'utilitzar. D'una manera relativament senzilla ofereix suficients opcions per a incentivar la curiositat de milions d'usuaris. En un primer moment aquesta eina estava inspirada en la tesi de la exinvestigadora de l'Institut Tecnològic de Massachusetts (MIT) Ricarose Roque anomenada: "*An extendable framework for graphical block programming systems*" (Una infraestructura extensible per a sistemes de programació gràfics basats en blocs). Actualment App Inventor és un projecte en desenvolupament del MIT, el qual continua la feina que començà Google l'any 2010. La prestigiosa universitat privada americana encara continua actualitzant mensualment App Inventor i millorant les seves prestacions. Paral·lelament, uns talentosos estudiants del MIT han creat una eina pròpia anomenada Thunkable que pretén oferir moltes més possibilitats en el que respecta a les limitacions d'espai i l'aspecte visual de les aplicacions.

Imatge 14: Logotip d'App Inventor

Imatge 15: Logotip de Thunkable

Tot i que en un primer moment aquest projecte va ser concebut com una eina per a facilitar la introducció a la programació en els instituts, avui en dia és utilitzada per tot tipus d'usuaris. Definitivament el seu gran atractiu resideix en crear una aplicació que realitzi qualsevol funció d'una manera mitjanament accessible. Dominar en la seva plenitud un llenguatge de programació com javascript o html requereix anys d'experiència i dedicació, per tant, App Inventor permet fer realitat projectes no molt ambiciosos d'una manera accessible per tothom. De moment l'aparició d'aquest tipus de programes no reemplaçarà en absolut els llenguatges de programació a causa de les importants limitacions que presenten, tanmateix són responsables de la creació de milers d'aplicacions veritablement interessants.

Imatge 16: Institut Tecnològic de Massachusetts, Cambridge

3. Part Pràctica

En aquesta segona meitat del treball es comentarà el desenvolupament de l'aplicació.

Imatge 17: Disseny de la pantalla d'inici de la primera versió

En primer lloc s'havia d'escollir un programa o, en aquest cas, una pàgina web que permetés realitzar l'aplicació desitjada. Per la primera versió es va triar App Inventor perquè em permetia introduir-me dins el món de la programació d'una manera accessible. Altrament, el seu sistema basat en blocs facilitava crear una aplicació que pogués realitzar totes les funcions esmentades en els objectius. Tot i ser l'opció més viable va presentar certs inconvenients, el més rellevant dels quals fou les limitacions en el pes del projecte. Com a conseqüència dels problemes que van sorgir durant el desenvolupament de la primera versió es decidí optar per una eina diferent anomenada *Thunkable*. Es tracta d'una pàgina web que ofereix eines molt similars a les d'App Inventor i, de fet, ha estat fundada per dos talentosos estudiants del MIT (*Massachusetts Institue of Technology*) Arun Saigal i WeiHua Li. D'aquesta manera es tracta d'un creador d'aplicacions que funciona d'una forma molt similar a l'utilitzat en la primera versió, tanmateix ofereix un aspecte visual més atractiu, més opcions i menys limitacions. Tot plegat, aquest canvi va afectar molt positivament l'aplicació aconseguint un millor rendiment i aparença.

Imatge 18: Disseny de la pantalla d'inici de la segona versió

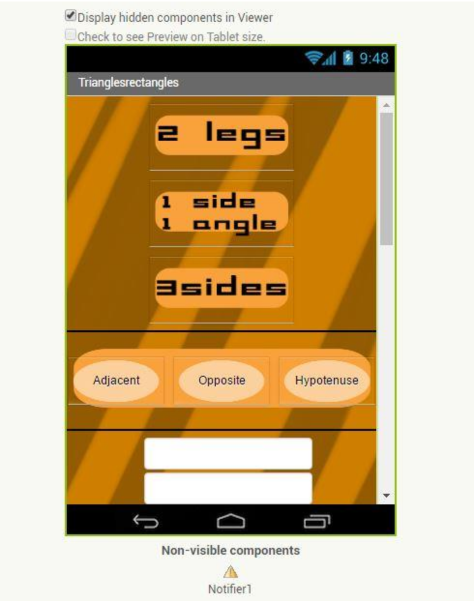
En segon lloc feia falta un nom. Des d'un principi fou Detri, el qual constitueix una mescla de les paraules Delta i Tri. La primera per la forma triangular de la quarta lletra de l'alfabet grec i, la segona, perquè fa referència als tres costats d'un triangle.

El desenvolupament de l'aplicació es va realitzar seguint un model orientat a l'usuari, és a dir, modificant-la seguint les opinions del col·lectiu a qui va dirigida l'aplicació. Un dels problemes que es van haver d'afrontar en la utilització d'aquest sistema va ser el poc nombre de respostes rebudes (17 en la primera enquesta i 11 en la segona enquesta). Aquest problema sorgeix com a conseqüència de l'obligatorietat de descarregar una aplicació aliena a les tendes especialitzades (per tant era necessari canviar la configuració del telèfon). A pesar que les enquestes no van servir especialment per puntuar la satisfacció d'un nombre decent d'usuaris, sí que van ser extremadament útils a l'hora de recollir consells i opinions externs.

3.1. Primera versió

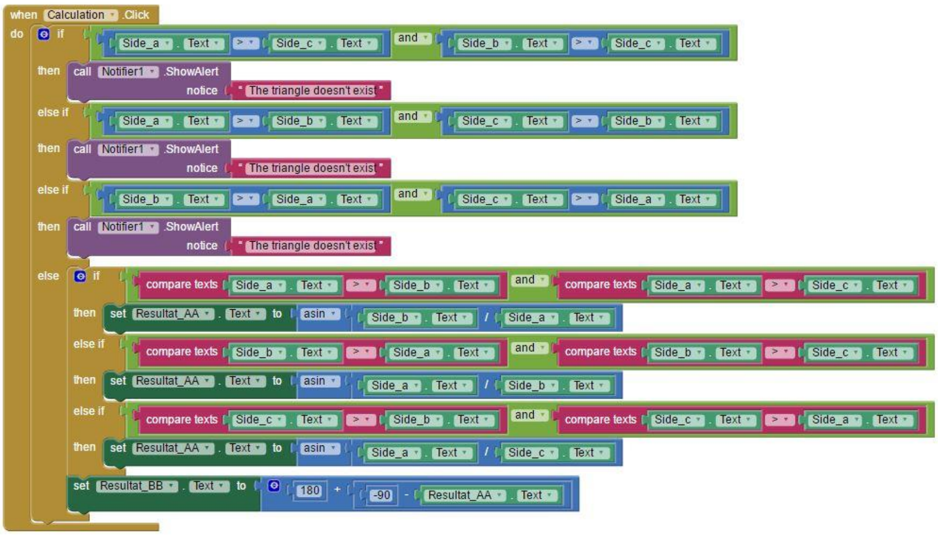
3.1.1. Desenvolupament

La primera versió feta amb App Inventor té quatre funcions principals: triangles rectangles, triangles no rectangles, raons trigonomètriques i equacions trigonomètriques. Aquesta es troba íntegrament en anglès, ja que es volia arribar a un públic el més ample possible. Sobretot considerant que conté molt vocabulari matemàtic comú sense importar l'idioma. Pel que fa a l'àmbit visual presenta un disseny molt similar al del resultat final amb l'excepció del tipus de lletra i la utilització d'alguns colors que podien confondre a l'usuari empitjorant la seva experiència.



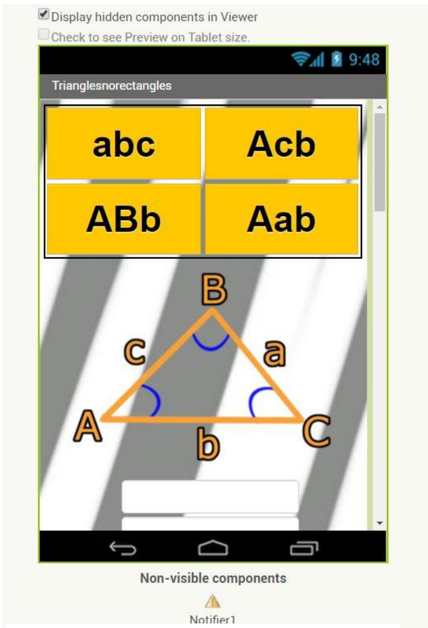
Imatge 19: Pantalla Triangles Rectangles

Començarem per la funció triangles rectangles. En un primer moment s'ofereixen les tres combinacions mínimes de dades que permeten calcular un triangle en la seva totalitat: dos catets, un costat i un angle i tres costats. En la segona opció també és necessari especificar la relació entre l'angle i el costat, és a dir, si és adjacent, oposat o la hipotenusa. Un cop plantejades totes les opcions els càlculs es realitzen mitjançant el teorema de Pitàgores, les raons trigonomètriques i la propietat que ens indica que els angles interiors de qualsevol triangle sumen 180º. D'aquesta manera l'aplicació realitzar els càlculs corresponents un cop l'usuari selecciona el botó calcula. Concretament, en l'opció 3 costats es va programar tenint en compte que



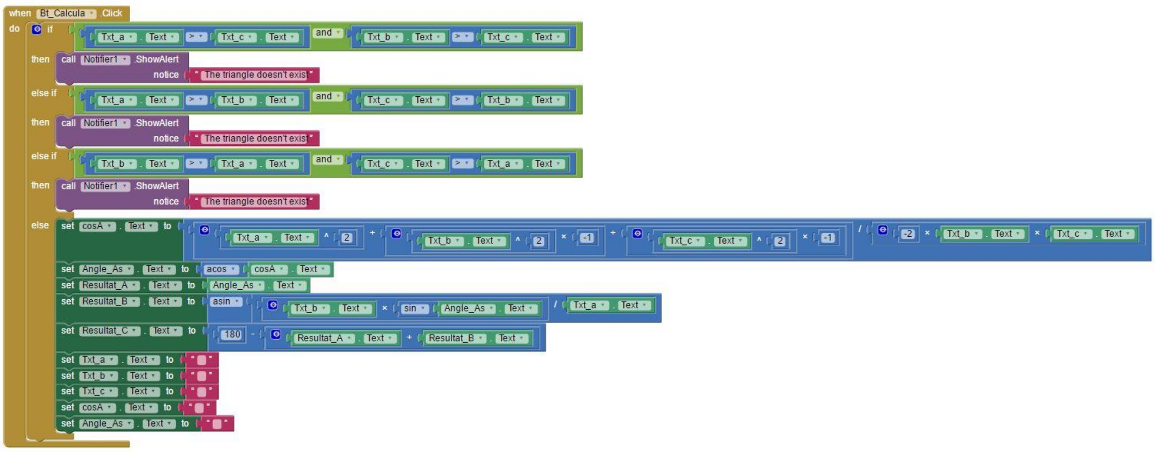
Imatge 20: Porció de la programació de la funció triangles rectangles.

l'usuari podia escriure la hipotenusa i els dos catets indistintament. Això es va aconseguir establint una sèrie de comparadors que determinen quin és el costat més gran introduït i, per tant, detecten la hipotenusa. A més a més si les dades introduïdes no corresponen a un triangle real quan està seleccionada l'opció tres costats l'aplicació mostra un missatge d'error notificant a l'usuari.



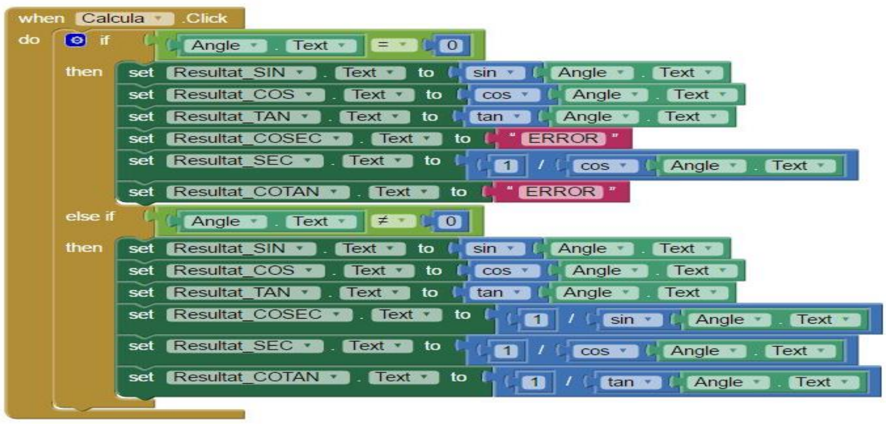
Imatge 21: Pantalla Triangles no Rectangles

La funció triangles no rectangles proposa tres combinacions de dades mínimes per resoldre un triangle: els tres costats, un angle i els dos costats que el formen, dos angles i un costat i un angle i dos costats qualsevols que no el formen. En aquest cas, a més a més d'utilitzar algunes propietats dels triangles, majoritàriament es va fer servir el teorema del sinus (sin(a)/a=sin(b)/b=sin(c)/c) per calcular els resultats. De la mateixa manera que en la funció triangles rectangles, també apareix un missatge d'error en cas d'haver introduït un triangle no vàlid en l'opció tres costats.



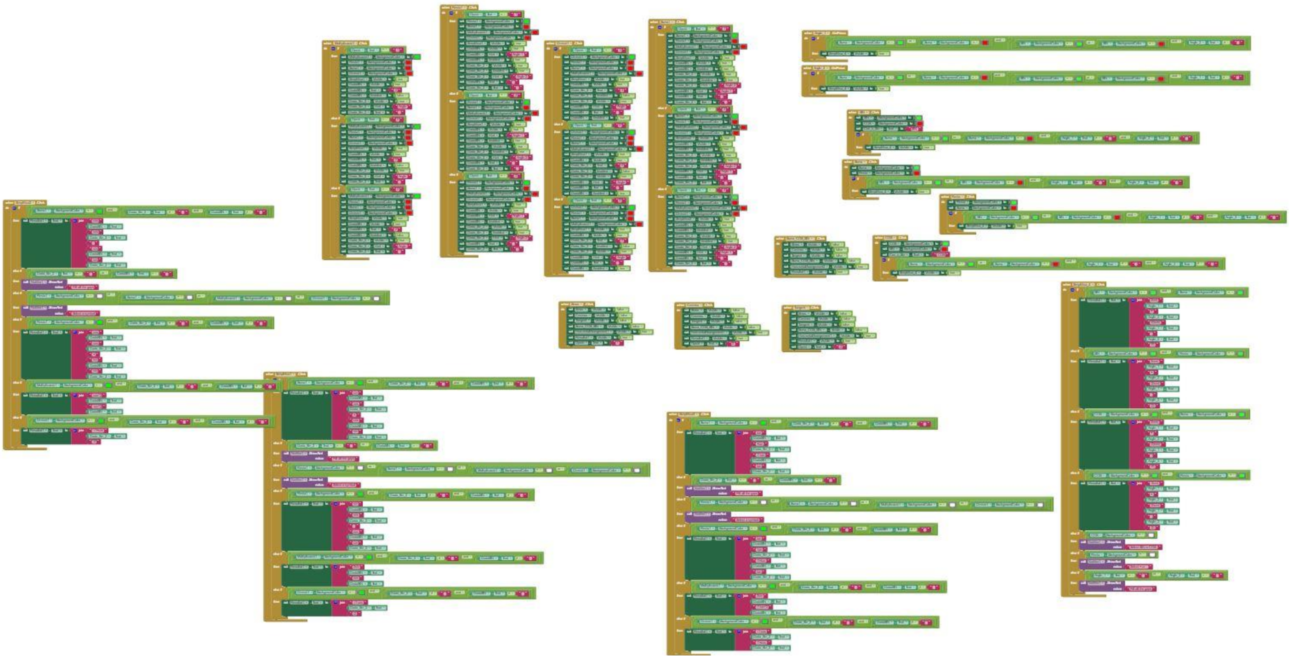
Imatge 22: Porció de la programació de la funció Triangles no Rectangles

La funció raons trigonomètriques és la més simple de tota l'aplicació però es va decidir incloure-la considerant que podia facilitar la feina tenir totes les raons trigonomètriques principals d'un angle de cop. Mitjançant les eines d'App Inventor fàcilment es va programar que l'aplicació generés la raó trigonomètrica desitjada en cada cas. Si l'angle introduït és de 0º llavors els resultats de la cosecant i la cotangent apareixent marcats com errors.



Imatge 23: Porció de la programació de la funció Raons Trigonomètriques

Per acabar, la funció que simplifica expressions presents en equacions trigonomètriques va ser la més laboriosa de totes. Aquesta permet simplificar expressions de sinus, cosinus, tangent i sumes entre sinus i cosinus. Primerament, està programada de tal manera que només aparegui l'opció de simplificar quan l'usuari ha completat tots els espais i ha seleccionat



Imatge 24: Programació funció simplificador d'expressions trigonomètriques

l'operació desitjada (suma, resta, multiplicació o divisió). En cas contrari l'aplicació comunicarà a l'usuari mitjançant un missatge d'error que és necessari seleccionar totes les dades. El procés de simplificació funciona a base de blocs que marquen diferents condicions relacionades amb les opcions que ha escollit l'usuari. Com que la selecció d'operació utilitza un codi de colors (on verd és activat i vermell desactivat) es va haver de programar la funció per tal que cada acció realitzada per l'usuari havia de modificar l'aspecte de la majoria d'elements en la pantalla.

3.1.2. Problemes i solucions

Un dels principals problemes que sorgiren va ser el tancament de l'aplicació de manera sobtada quan s'accedia a certes funcions (generalment triangles rectangles i triangles no rectangles). Primer es pensà que aquest error era causat per les limitacions d'App Inventor i el gran nombre de blocs i imatges presents en aquelles pantalles, tanmateix en la segona versió es va poder solucionar aquest error fàcilment (vegeu pàgina 25). En aquest cas es va optar per incloure temps de càrrega i eliminar diverses imatges tot disminuint la freqüència dels tancaments. A pesar que empitjorava l'experiència amb l'aplicació no es va poder arribar a una millor solució en aquesta etapa inicial.

Una altra dificultat que es va haver d’afrontar va ser el nombre de pantalles necessàries. En un primer moment cada pantalla corresponia a una opció diferent, per exemple hi havia la pantalla inicial, una pel submenú dins de triangles rectangles i una més per cada opció d’aquest submenú. Això provocà un excés de pantalles que empitjoraven el rendiment i el pes de l’aplicació i, per tant, es va haver de trobar una alternativa. Aquesta va ser comprimir tot el possible cadascuna de les funcions i, seguint l’exemple anterior, es van ajuntar les quatre pantalles que necessitava l’opció triangles rectangles en una sola. Amb aquest objectiu es va programar la visibilitat dels diferents elements visuals per tal que fossin visibles o invisibles depenent de l’opció triada. Tot i que aquest canvi podia afectar el primer problema mencionat anteriorment va resultar ser beneficiós en aquest sentit, ja que els tancaments involuntaris de l’aplicació succeïen quan l’usuari es movia entre pantalles.

També es volia que l’aplicació fos el més concisa possible i, al mateix temps, aconseguís explicar el funcionament de cada opció de manera adequada. Cal indicar que en la primera versió només es va aconseguir parcialment degut a la confusió causada pel simplificador d’equacions trigonomètriques. Tant en aquesta opció com en la de triangles no rectangles s’utilitzaren recursos visuals. En ambdues funcions es va trobar necessària la inclusió d’imatges, ja que l’usuari podia no saber quines dades havia d’introduir en determinades situacions. Consegüentment, s’afegí en la funció triangles no rectangles una imatge d’un triangle que donava un nom als diferents costats i angles. En la funció Equacions Trigonomètriques es va utilitzar una imatge amb dos parèntesis que intentava imitar la representació matemàtica dels elements d’una equació abans de ser simplificats. Utilitzar aquest disseny causava que en alguns dispositius no es pogués veure la imatge en la seva totalitat i, per tant, es va decidir canviar l’orientació de la pantalla a horitzontal. Per acabar, en la funció Raons Trigonomètriques es va especificar que la mesura de l’angle era en graus mitjançant un quadre de text.

Evidentment, la preocupació fonamental va ser assegurar que es calculaven els resultats correctament. Primerament es van establir les diferents combinacions de dades mínimes que es necessitaven per resoldre tots els costats i tots els angles d'un triangle. Un cop trobades totes les possibilitats es van fer servir diferents propietats i fórmules per arribar als resultats.

3.1.3. Enquesta

Per tal d'intentar mesurar d'alguna manera el tipus d'experiència que havien tingut els enquestats amb l'aplicació es va optar per una escala d'usabilitat que rep el nom de SUS (System Usability Scale). El terme usabilitat es refereix a aquell atribut que permet que una aplicació sigui efectiva, eficaç i satisfactòria pels seus usuaris. Malgrat tot, no podem definir la usabilitat d'un producte de manera absoluta, ja que aquesta dependrà en gran mesura del context en què s'usa l'aplicació i cal tenir en consideració que la ingent diversitat d'aplicacions amb objectius molt diferents. És per això que establir una escala capaç de tenir en compte tots aquests factors esdevé una fita pràcticament impossible. En aquest cas, la SUS permet veure de manera general com han reaccionat diferents persones enfront un producte i està feta de tal manera que permet separar aquells enquestats que realment han provat l'aplicació d'aquells que no ho han fet i responen aleatòriament. Això s'aconsegueix plantejant l'enquesta en parelles de preguntes oposades entre si i, per tant, si algú respon afirmativament dues preguntes seguides significa que probablement la seva opinió és contradictòria i, per tant, no vàlida. Tant la primera com la segona enquesta presenten les qüestions següents (a més a més d'una pregunta final opcional que permet afegir suggeriments) donant en cada cas l'elecció en una escala de l'1 al 5 depenent de si l'enquestat està totalment en desacord amb la pregunta (1) o si està totalment d'acord (5):

1. Utilitzaria aquesta aplicació freqüentment.
2. He trobat l'aplicació excessivament complicada.
3. Penso que l'aplicació és fàcil d'utilitzar.
4. Penso que necessitaria l'ajut d'una altra persona amb més coneixements en aquesta matèria per poder utilitzar l'aplicació.
5. Les diferents funcionalitats d'aquesta aplicació m'han semblat ben implementades.
6. Penso que l'aplicació era massa incoherent.

7. Imagino que la majoria de persones aprendrien a utilitzar l'aplicació ràpidament.
8. L'aplicació m'ha semblat molt difícil d'utilitzar.
9. He pogut utilitzar l'aplicació amb confiança.
10. Necessitaria aprendre moltes coses abans de poder utilitzar l'aplicació amb seguretat.

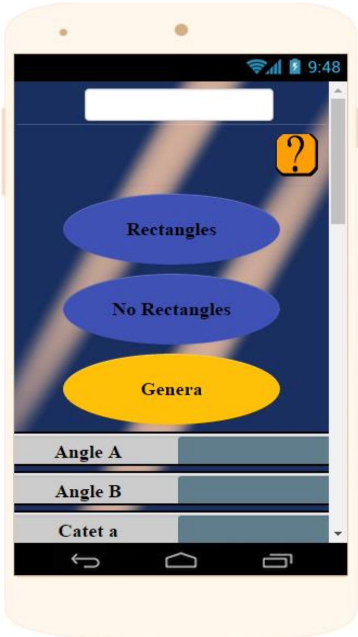
Un cop realitzada l'enquesta s'obté un resultat sobre 100 restant 1 a les respostes de les preguntes imparells, restant les respostes de les preguntes parells a cinc i multiplicant-ho tot per 2,5. Els resultat obtingut en la primera enquesta (vegeu l'annex B) fou de 71,5 sobre 100. Sent una primera versió amb problemes evidents, alguns dels quals van notificar els propis enquestats, es tracta d'una molt bona puntuació. Per tal de millorar aquests resultats es van seguir els següents suggeriments:

- Tipografia difícil de llegir i fons que dificulten la visibilitat en determinades pantalles.
- Funció Simplificació d'Equacions Trigonomètriques poc intuïtiva d'utilitzar.
- Aturaments involuntaris de l'aplicació.
- Falta d'un text explicatiu a l'inici de cada pantalla.
- Petits errors relacionats amb el funcionament d'algunes pantalles.
- Falta de coherència en el que respecta a l'orientació.
- Falta d'un text on s'expliquin els objectius de l'aplicació.
- Necessitat d'incloure més reforços visuals.
- Càrregues excessivament llargues.

3.2. Segona versió

3.2.1. Desenvolupament

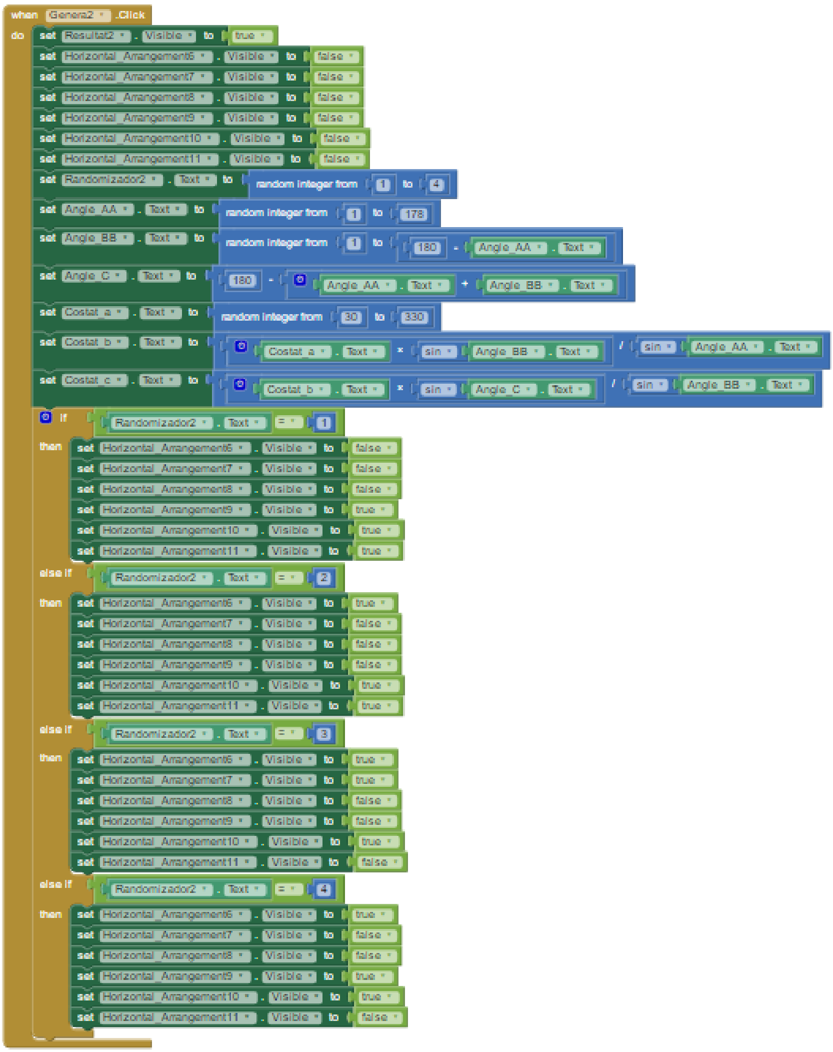
En la segona versió feta amb Thunkable inclou una nova funció que genera exercicis aleatoris. Un dels principals objectius era solucionar alguns problemes presents en la primera versió i fer petits retocs seguint les recomanacions donades en l'enquesta. Per tant, la majoria de modificacions sorgeixen de l'opinió dels usuaris.



Imatge 25: Aspecte de la funció Exercicis

En un primer moment ja havia la intenció d'oferir una opció per realitzar exercicis de trigonometria, però es va deixar enrere com a conseqüència dels problemes d'espai. Un cop això es va solucionar va ser possible incloure un generador d'exercicis tant de triangles rectangles com de triangles no rectangles. Aquest es va fer de tal manera que només donés les dades mínimes necessàries per solucionar un problema generant angles i costats aleatoris que seguissin les propietats dels triangles. D'aquesta manera, l'aplicació genera totes les dades d'un triangle a partir d'un costat i un angle generats aleatòriament. En el cas de l'angle un nombre aleatori entre 1 i 89 en els triangles rectangles i entre 1 i 178 en els triangles no rectangles. Tenint aquestes dues dades és possible calcular la resta de costats i angles. Quan l'usuari genera un exercici l'aplicació, tot i que ja ha calculat tot el triangle, només mostra les dades mínimes per solucionar-lo. Per tant, és necessari un altre generador aleatori que determini les dades que es proporcionaran a l'usuari. Per exemple, en l'opció triangles rectangles existeixen quatre combinacions diferents de dades i, d'aquesta manera, es genera un nombre aleatori de l'1 al 4, cadascun dels quals està associat a una combinació diferent que determina la visibilitat de les dades. Finalment, el botó Mostrar

Resultats simplement fa visible tots els resultats per tal que l'usuari pugui comprovar si ha realitzat correctament l'exercici.



Imatge 26: Porció de la programació de la funció Exercicis

3.2.2. Problemes i solucions

Un dels problemes esmentats pels enquestats fou la tipografia textual, principalment perquè aquesta no es podia llegir correctament en alguns dispositius i no era prou clara. En la primera versió es van utilitzar imatges en diversos botons per tal d'assegurar que es veiessin bé en la majoria de dispositius. No obstant això, aquesta decisió impedia que es pogués crear una aplicació multi idioma. Finament, es va decidir utilitzar els botons que ofereix Thunkable cosa que va permetre el canvi d'idioma. El procediment va ser el següent: es va afegir un selector que consta de tres opcions (català, castellà i anglès). Un cop seleccionada una es manté guardada fins i tot si es tanca l'aplicació, això s'aconsegueix afegint una memòria que guardés una variable diferent segons l'opció seleccionada, és a dir, si l'usuari triava anglès, castellà o català es generava la variable 1, 2 o 3 respectivament. D'aquesta manera la memòria guardava aquest nombre i, per tant, l'idioma preferent. Gràcies al fet que s'havien eliminat les imatges dels botons fàcilment es podia modificar el text d'aquests segons la variable que estigués seleccionada. La memòria també permetia guardar aquesta configuració entre pantalles, la qual cosa simplement consistia a programar que l'aplicació revisés quin nombre estava guardat en aquella memòria. D'aquesta manera l'idioma es modifica en tota l'aplicació. Finalment, també era necessari establir una llengua predeterminada i, considerant que els usuaris potencials serien de Catalunya, es va triar el català. A més a més la tipografia es va canviar a *Serif*, aconseguint una major llegibilitat.

Pel que fa al disseny es va difuminar lleugerament a més a més de fer petites modificacions de colors tal com diversos enquestats van indicar. En l'opció Triangles Rectangles es va canviar el fons taronja per un de verd i marró, ja que el primer podia dificultar que es veiés correctament la imatge del triangle. En l'opció Triangles no Rectangles també es va canviar el fons blanc i gris per millorar la visibilitat. En el cas de la funció Equacions Trigonomètriques es va canviar l'orientació de la pantalla a vertical per tal que l'aplicació fos coherent i no variés l'orientació en una pantalla concreta. Com a conseqüència es van haver de fer diverses modificacions: la imatge del parèntesi es va arreglar per tal que encaixés perfectament amb la pantalla marcant l'amplada *Fill parent* de manera que ocupés tot l'espai possible en qualsevol dispositiu. El disseny més estilitzat que presenta Thunkable també va ajudar a millorar l'aspecte de la pantalla. A més a més es va solucionar un error de programació que causava l'aparició de dos botons de Simplificar en l'opció tangent de la funció Equacions Trigonomètriques. Aquest simplement era causat perquè quan es seleccionava el símbol de sumar apareixia el botó corresponent. No obstant això no estava indicat que passés a ser invisible quan es canviava d'opció, cosa que causava l'aparició de dos botons idèntics en la mateixa pantalla que realitzaven dues simplificacions diferents.

Sens dubte l'error més greu present en la primera versió era que es tancava sense motiu aparent i, conseqüentment, la necessitat d'afegir temps de càrrega que només solucionava parcialment el problema. Afortunadament el canvi a Thunkable va significar un augment del pes màxim, tanmateix això no va suprimir l'error. No va ser fins que es van comprimir tots els blocs presents en l'apartat de programació que es va superar totalment aquest problema. Aquesta mesura va millorar enormement el funcionament de la segona versió i l'experiència de l'usuari.

3.2.3. Enquesta

Els resultat obtingut en la segona enquesta (vegeu l'annex A) fou de 77,5 sobre 100. Considerant que el resultat de la primera enquesta va ser 71,5 es va aconseguir l'objectiu de millorar la usabilitat de l'aplicació i, a més a més, es va reduir dràsticament el nombre de canvis proposats pels usuaris. Per tant, no només a nivell personal penso que vaig aconseguir una versió que funcionava molt millor que la primera (en l'àmbit estètic i funcional) sinó que també es va notar aquesta millora en l'opinió dels usuaris.

4. Conclusió

Fer una aplicació ha sigut una experiència molt enriquidora. Una de les coses que més he gaudit realitzant-la ha sigut aconseguir superar els problemes que anaven sorgint, és a dir, el procés de pensar en com aconseguir que l'aplicació realitzés correctament una determinada funció. Aquesta és una part del desenvolupament que em sembla apassionant i, tot i que arriba a ser molt frustrant, el resultat és realment satisfactori. Tot i que el projecte que he realitzat és minúscul comparat amb aplicacions de caràcter més professional, veure que tot funciona tal com havies planejat sens dubte fa que el procés hagi valgut la pena.

Un dels principals objectius del treball era contextualitzar la part pràctica mitjançant un breu resum de la història de la trigonometria i les seves aplicacions així com informació sobre els orígens d'App Inventor, els seus objectius, l'estat actual, etc. En aquest sentit per una part resulta sorprenent veure com vides senceres d'estudi han permès que la trigonometria hagi anat mutant i evolucionant al llarg de la història fins a arribar al punt de facilitar-nos el nostre dia a dia gràcies a les noves tecnologies. Veure com uns conceptes que es remunten als inicis del pensament humà aconsegueixen trencar la barrera del temps arribant fins als nostres dies i reconèixer la importància d'alguns dels matemàtics més importants arreu del món. D'altra banda el projecte iniciat per Google i continuat pel MIT ofereix eines que permeten a tot tipus de persones crear, explotar la seva creativitat i el seu pensament analític i interessar-se en el món de la programació.

Pel que fa a l'aplicació he aconseguit tots els objectius que m'havia proposat i, fins i tot, he pogut incloure més funcions de les plantejades inicialment. En canvi, en tot el referent a l'enquesta i l'opinió dels usuaris no he aconseguit un nombre suficientment gran de participants com per fer una bona valoració del producte i els seus errors. Tanmateix les opinions rebudes, encara que escasses, han ajudat enormement en la segona versió.

En definitiva, és innegable que les noves tecnologies cada cop ens faciliten més la vida i, tot i que aquesta idea ve acompanyada d'un cert sentiment de preocupació, jo veig el món de la programació com un camp obert a la creativitat i la resolució de problemes. Potser es tracta d'una visió massa optimista, tanmateix m'agradaria pensar que en el futur els éssers humans podrem continuar amb la incessant recerca del coneixement que s'ha anat forjant durant mil·lennis.

5. Bibliografia

DUKE, D.W. (2000). *The Very Early History of Trigonometry*. Florida: Florida State University.

GARCÍA JALÓN, J. [et al.] (2000). *Aprende Java como si estuvieras en primero*. San Sebastián: Tecnun.

VAN BRUMMELEN, G. (2009). *The Mathematics of the Heavens and the Earth, The Early History of Trigonometry*. Princeton: Princeton University Press. ISBN: 9780691129730.

6. Webgrafia

Aristarco de Samos, otro gran genio. [S.l.] [s.n.] [consultat: 5.01.17]. Disponible a Internet: https://universocuantico.wordpress.com/2009/10/20/aristarco-de-samos-otro-gran-genio/

BROOKE, J. *SUS - A quick and dirty usability scale*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 15.01.17]. Disponible a Internet: http://www.usabilitynet.org/trump/documents/Suschapt.doc

Claudio Tolomeo. [S.l.] [s.n.] [consultat: 5.01.17]. Disponible a Internet: http://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hiparco.htmhttp://www.biografiasyvidas.com/biografia/t/tolomeo.htm

El túnel de Samos. [S.l.] [s.n.] [consultat: 5.01.17]. Disponible a Internet: https://conlamenteabierta.wordpress.com/2010/06/06/el-tunel-de-samos/

Hiparco de Nicea. [S.l.] [s.n.] [consultat: 5.01.17]. Disponible a Internet: http://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hiparco.htm

History of Trigonometry Outline. [S.l.] [s.n.] [consultat: 5.01.17]. Disponible a Internet: http://aleph0.clarku.edu/~djoyce/ma105/trighist.html.

KING, D.A. *Ibn Yunus*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 5.01.17]. Disponible a Internet: http://islamsci.mcgill.ca/RASI/BEA/Ibn_Yunus_BEA.htm

Pitágoras. [S.l.] [s.n.] [consultat: 7.01.17]. Disponible a Internet: http://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/pitagoras.htm

PUENTE, V. *El nacimiento del metro*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 5.01.17]. Disponible a Internet: https://www.xatakaciencia.com/sabias-que/el-nacimiento-del-metro.

Thunkable. [S.l.] [s.n.] [consultat: XX.11.16]. Disponible a Internet: http://thunkable.com/#/.

Trigonometria Egipcia. [S.l.] [s.n.] [consultat: 21.12.16]. Disponible a Internet: https://trigonometriaegipcia.wordpress.com/

Tunel de Eupalinos. [S.l.] [s.n.] [consultat: 7.01.17]. Disponible a Internet: http://www.arqhys.com/construccion/tunel-eupalinos.html

CROCKETT, C. *What is the zodiac?*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 22.12.16]. Disponible a Internet: http://earthsky.org/space/what-is-the-zodiac

ELIATRON, T. *Una breve historia impresionista de la Trigonometría II: de Arabia a Europa*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 7.01.17]. Disponible a Internet: http://naukas.com/2010/10/15/una-breve-historia-impresionista-de-la-trigonometria-ii-de-arabia-a-europa/

ELIATRON, T. *Una breve historia impresionista de la Trigonometría: de Babilonia a la India*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 7.01.17]. Disponible a Internet: http://naukas.com/2010/07/14/una-breve-historia-impresionista-de-la-trigonometria-de-babilonia-a-la-india/

HUNT, J. *The beginnings of Trigonometry*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 21.12.16]. Disponible a Internet: https://www.math.rutgers.edu/~cherlin/History/Papers2000/hunt.html

LÓPEZ, F. *La Tierra de los Faraones*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 21.12.16]. Disponible a Internet: http://www.egiptologia.org/ciencia/matematicas/trigonometria.htm

LOMAS, N. *MIT spin-out Thunkable hopes its drag-and-drop app builder can be a money-spinner too*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 20.12.16]. Disponible a Internet: https://techcrunch.com/2016/03/05/mit-spin-out-thunkable-hopes-its-drag-and-drop-app-builder-can-be-a-money-spinner-too/

M, EDWARD. *Some history behind App Inventor*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 9.01.17]. Disponible a Internet: http://appinventor.pevest.com/?p=192

NEUGEBAUER, O. *Notes on Hipparchus*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 22.12.16]. Disponible a Internet: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-5559-8_26#page-1.

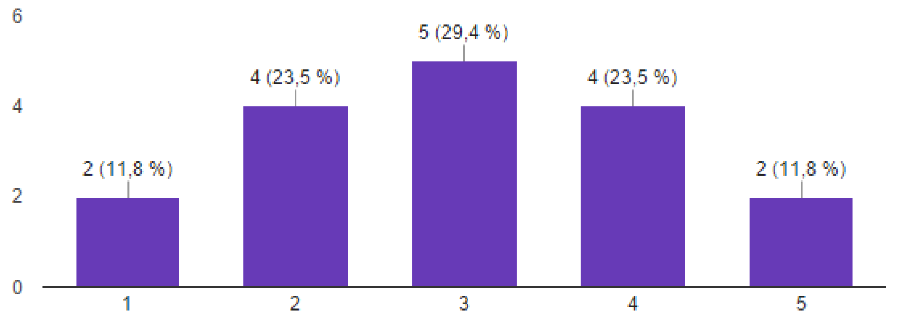
ROGERS, L. *History of Trigonometry - Part 3*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 20.12.16]. Disponible a Internet: http://nrich.maths.org/6908

VALLEJO, B. *GPS - método de triangulación - solución numérica*. [S.l.] [s.n.] [consultat: 9.01.17]. Disponible a Internet: http://www.monografias.com/trabajos18/gps-solucion/gps-solucion.shtml

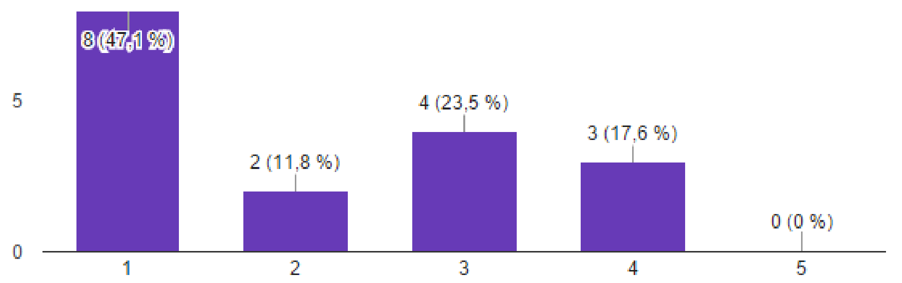
7. Annexos

7.1. Annex A (Enquesta 1)

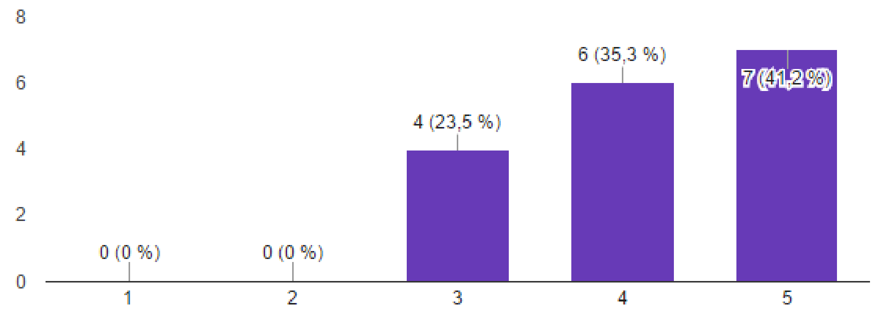
1. Utilitzaria aquesta aplicació freqüentment (17 respuestas)



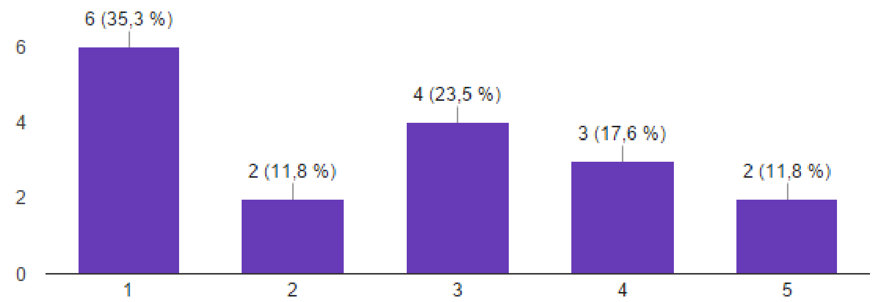
2. He trobat l'aplicació excessivament complicada (17 respuestas)



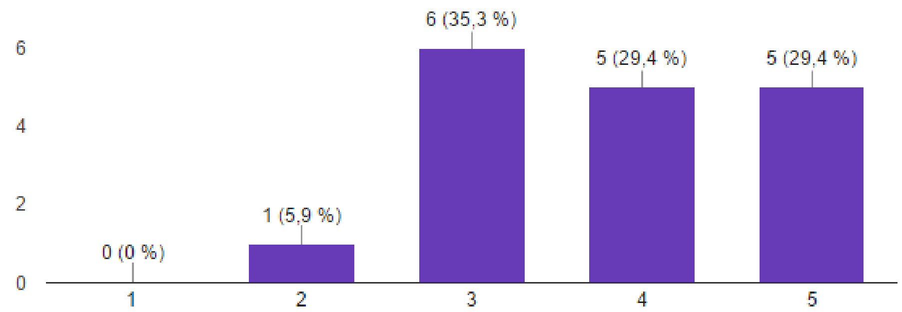
3. Penso que l'aplicació és fàcil d'utilitzar (17 respuestas)



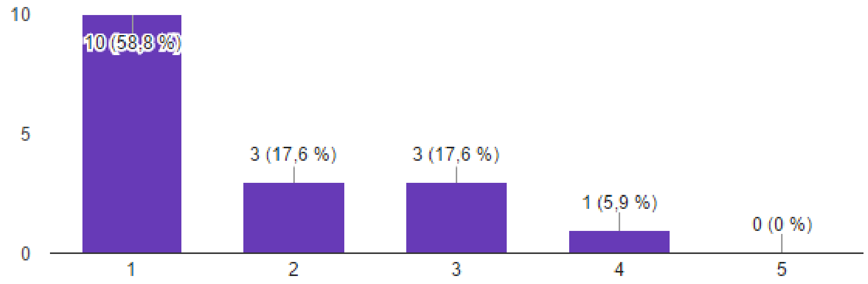
4. Penso que necessitaria l'ajut d'una altra persona amb més coneixements en aquesta matèria per poder utilitzar l'aplicació
(17 respuestas)



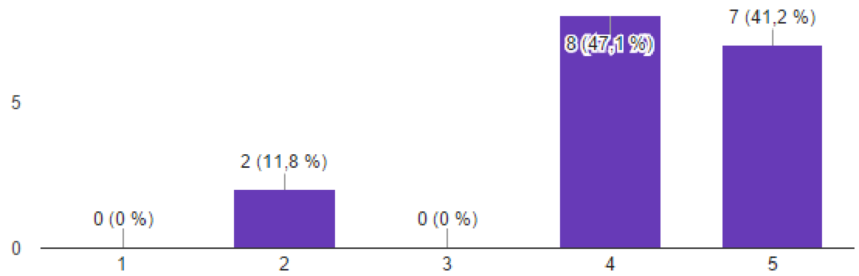
5. Les diferents funcionalitats d'aquesta aplicació m'han semblat ben implementades
(17 respuestas)



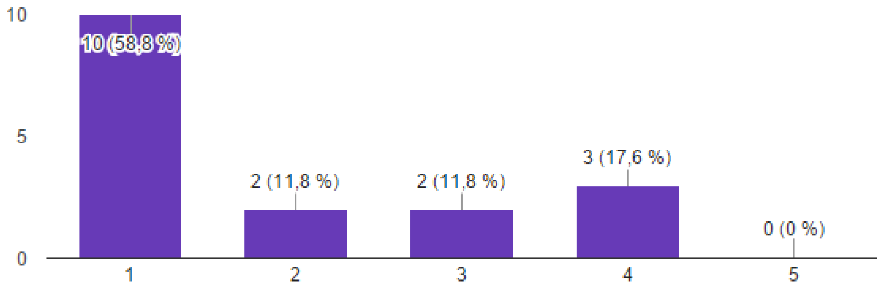
6. Penso que l'aplicació era massa incoherent (17 respuestas)



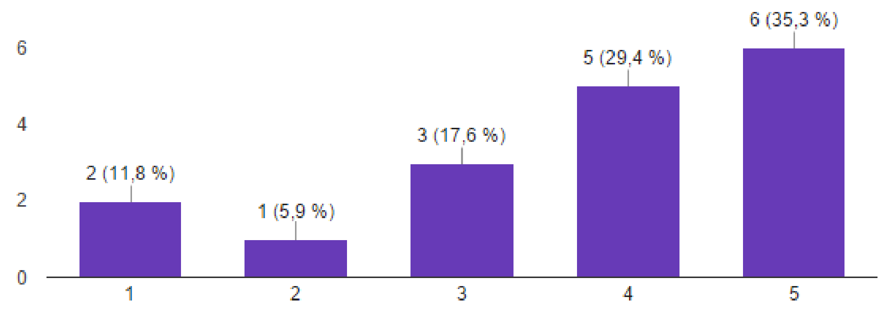
7. Imagino que la majoria de persones aprendrien a utilitzar l'aplicació ràpidament
(17 respuestas)



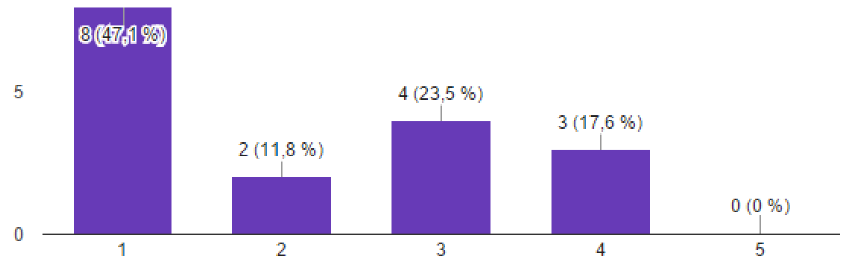
8. L'aplicació m'ha semblat molt difícil d'utilitzar (17 respuestas)



9. He pogut utilitzar l'aplicació amb confiança (17 respuestas)



10. Necessitaria aprendre moltes coses abans de poder utilitzar l'aplicació amb seguretat
(17 respuestas)

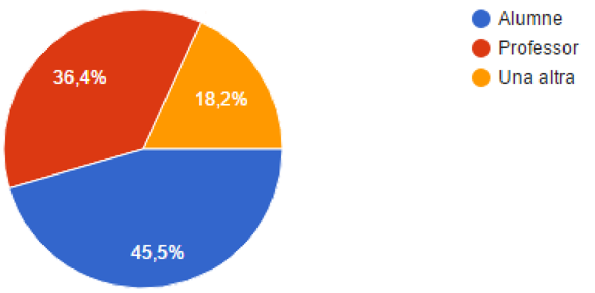


Afegeix alguna suggerència (opcional) (6 respuestas)

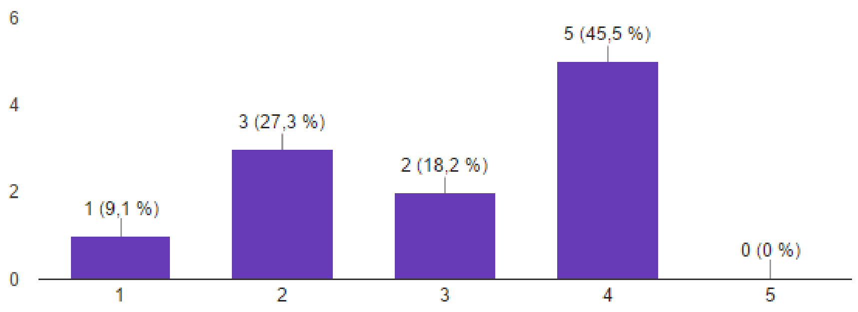
No es llegeixen correctament alguns botons de l'últim apartat
El disseny no m'agrada molt.
Un fet que m'ha confós ha estat al primer apartat (triangles rectangles) et demana que escriguis la mesura dels costats, però un costat es troba representat amb la lletra a, quan generlment aquesta indica hipotenusa. A més, l'últim apartat m'ha costat entendre'l en un principi.
Penso que afegir ajuts gràfics com en els triangles no regulars en els regulars i incloure unitats en les mesures introduides estaria molt bé
La multiplicació i divisió en les operacions trigonomètriques no m'han calculat bé
Faltaria text amb explicació de que fa cada pantalla. Un botó per tirar endarrere des de cada opció. La última de les funcions es complicada de entendre on fiques dos angles i els signes de +-* no s'entén perquè és

7.2. Annex B (Enquesta 2)

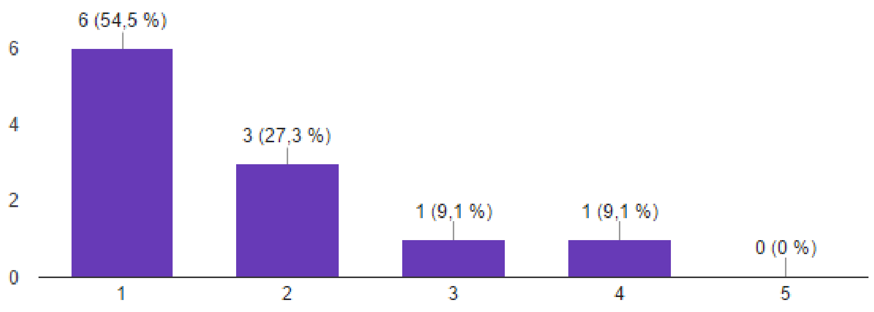
Ocupació (11 respuestas)



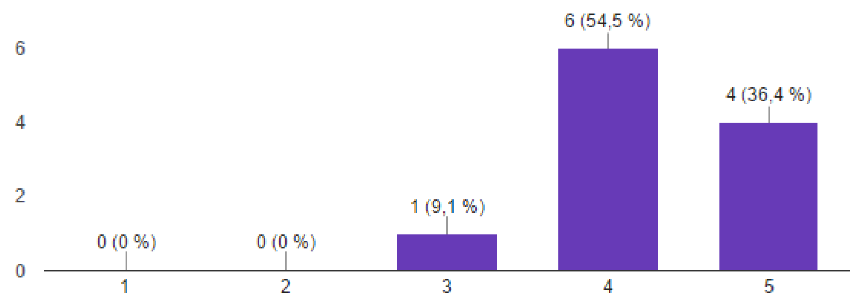
1. Utilitzaria aquesta aplicació freqüentment (11 respuestas)



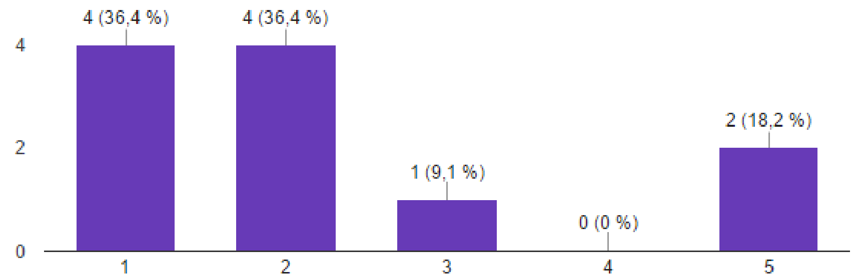
2. He trobat l'aplicació excessivament complicada (11 respuestas)



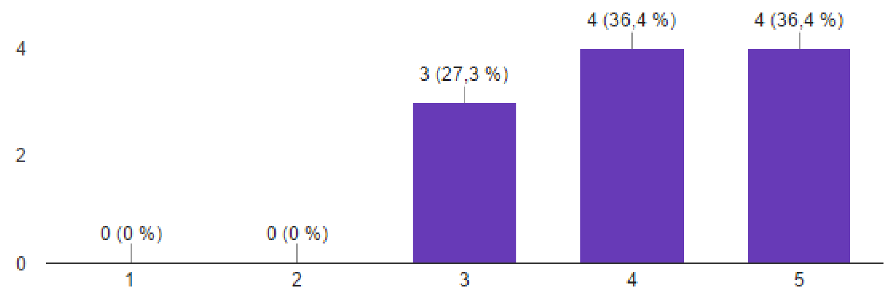
3. Penso que l'aplicació és fàcil d'utilitzar (11 respuestas)



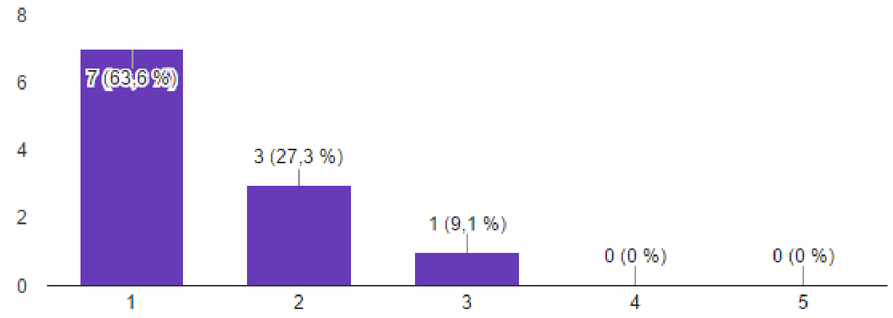
4. Penso que necessitaria l'ajut d'una altra persona amb més coneixements en aquesta matèria per poder utilitzar l'aplicació
(11 respuestas)



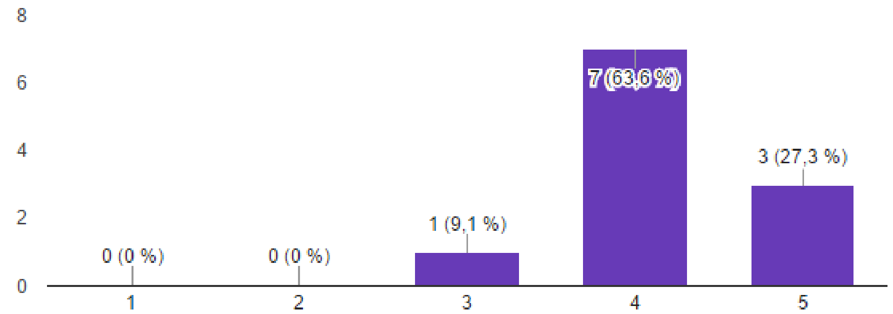
5. Les diferents funcionalitats d'aquesta aplicació m'han semblat ben implementades
(11 respuestas)



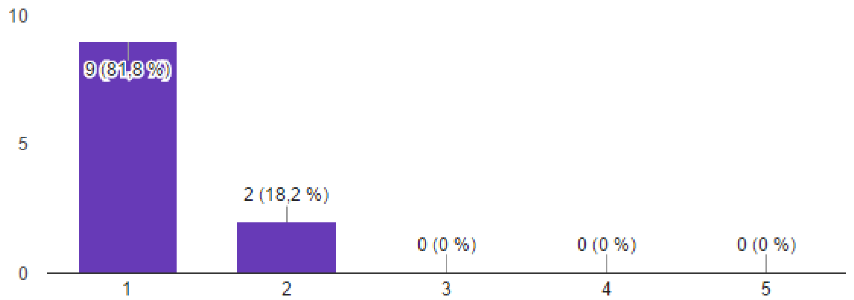
6. Penso que l'aplicació era massa incoherent (11 respuestas)



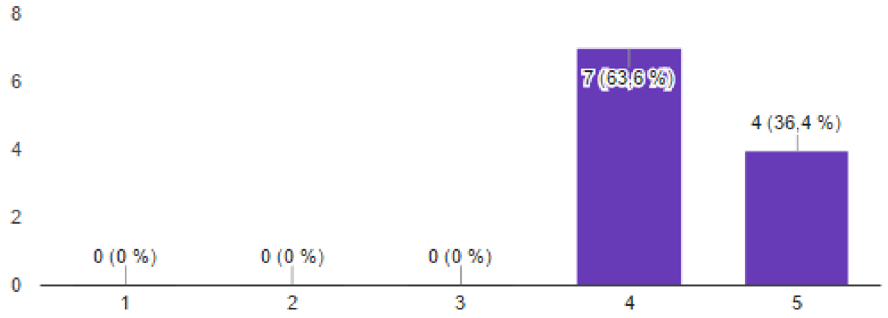
7. Imagino que la majoria de persones aprendrien a utilitzar l'aplicació ràpidament
(11 respuestas)



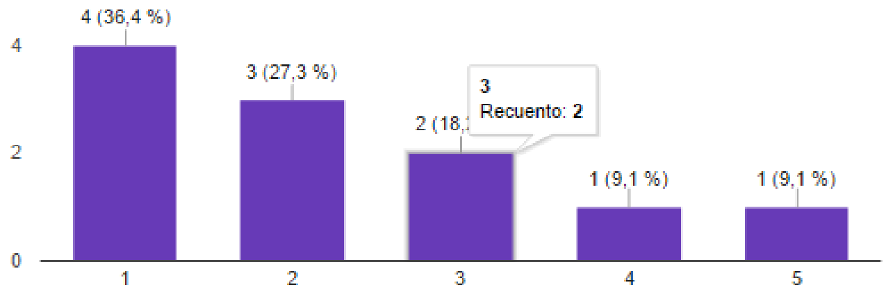
8. L'aplicació m'ha semblat molt difícil d'utilitzar (11 respuestas)



9. He pogut utilitzar l'aplicació amb confiança (11 respuestas)



10. Necessitaria aprendre moltes coses abans de poder utilitzar l'aplicació amb seguretat
(11 respuestas)



Afegeix alguna suggerència (opcional) (1 respuesta)

El text dels botons no es llegeix bé. Falla en alguns càlculs. Caldria enviar un si un triangle no se pot construir